Stapfia

Nr. 5

Linz, 1979

Publikation der
Botanischen Arbeitsgemeinschaft am O.Ö.
Landesmuseum Linz

RINDENFLECHTEN IM OBERÖSTERREICHISCHEN ZENTRALRAUM UND IHRE ABHÄNGIGKEIT VON UMWELTEINFLÜSSEN

von G. HOISLBAUER

RINDENFLECHTEN IM OBERÖSTERREICHISCHEN ZENTRALRAUM UND IHRE ABHÄNGIGKEIT VON UMWELTEINFLÜSSEN

von G. HOISLBAUER

INHALTSÜBERSICHT

VORWORT

Die vorliegende Arbeit wurde im Frühjahr 1975 begonnen. Die Geländearbeit wurde in den Sommermonaten 1975 und 1976 durchgeführt; im Frühling 1977 wurde sie mit einigen ergänzenden Nachkartierungen abgeschlossen.

Herrn Prof. Dr. Hans Pitschmann danke ich für die Überlassung des Themas und für die stets wohlwollende Förderung dieser Arbeit.

Für die anregenden Hinweise und für die zur Verfügung gestellte Literatur bin ich Herrn Prof. Dr. S. Bortenschlager zu Dank verpflichtet.

Herrn Dr. R. Türk (Salzburg) sei für die Bestimmung schwieriger Flechtenproben, für die fördernde Diskussion und für das Überlassen von wertvoller Literatur an dieser Stelle gedankt.

Vom Amt der OÖ. Landesregierung (Abt. für Raumordnung und Landesplanung) bekam ich in dankenswerter Weise die erforderlichen Kartenunterlagen zur Verfügung gestellt.

1. EINLEITUNG UND THEMATIK

Flechten reagieren auf schädigende Umwelteinflüsse besonders empfindlich. Daher werden sie als Indikatoren zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen.
Es besteht allerdings eine Meinungsverschiedenheit über die Ursachen der Verarmung der Flechtenvegetation in urbanen Räumen. Manche Autoren meinen, die Flechten könnten auf Grund des trockenen und warmen Klimas nicht gedeihen, die Mehrzahl lastet das Ausbleiben eines reichen Flechtenbewuchses der negativen Wirkung von Luftverunreinigungen an.

In der vorliegenden Arbeit wird die derzeitige Situation des epiphytischen Flechtenbewuchses im oö. Zentralraum mit den Ergebnissen von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT aus dem Jahr 1963 verglichen.
Die Kartierungsergebnisse werden mit der qualitativen Methode nach BESCHEL (1958) und mit der quantitativen Methode nach LeBLANC u. DeSLOOVER (1970) ausgewertet. Anschließend werden die Ergebnisse und die Aussagekraft beider Methoden verglichen. Vor allem aber sollen die Ursachen für den Rückgang der epiphytischen Flechten im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

2.1. Lage

Das ungefähr 500 km² große Untersuchungsgebiet hat folgende Umgrenzung:

Im Norden:	Großamberg – St. Magdalena – Lungitz – Schwertberg – Perg.
im Osten und Süden:	Perg – Naarn – St. Valentin – Zeitlham bei Nettingsdorf.
im Westen:	Zeitlham – Traun – Puchenau – Großamberg.

Landschaftlich kann das abgegrenzte Gebiet dreigeteilt werden.

1. Die weiten Flußtäler (Donau-, Traun-, Krems- und Ennstal) mit einer Seehöhe zwischen 240 und 290 m. Dieser Bereich, vor allem die Achse Linz – Enns – St. Valentin – Perg hat die höchste Industrie- und Bevölkerungsdichte.
2. Die Traun-Enns-Platte überragt die Tallagen um ca. 50 m. Mit dem ständig anhaltenden Ausbau und Neugründungen von Industrie erlangt dieses bisher intensiv genutzte Ackerbaugebiet als Siedlungsraum große Bedeutung.
3. Der Südrand der Böhmischen Masse mit Erhebungen bis über 500 m (Kürnberg 526 m, Pöstlingberg 539 m, Pfenningberg 616 m).

2.2. Geologischer Untergrund und Oberflächengestaltung

Die geländemorphologische Gestaltung steht in engem Zusammenhang mit den geologisch-petrographischen Verhältnissen. Im Arbeitsgebiet treten drei geologische Einheiten auf:

1. Kristallines Grundgebirge der Böhmischen Masse
2. Tertiäre Ablagerungen (Molasse – Beckenfüllung)
3. Quartäre (diluviale und alluviale) Ablagerungen

ad 1: Während der variszischen Gebirgsbildung wurde das Kristallin der Böhmischen Masse gefaltet. Das alte Grundgebirge besteht keineswegs nur aus Granit, sondern gut zur Hälfte aus verschiedensten Gneisen, die in mehreren Gebirgsbildungsphasen weitgehend umgeprägt wurden. Dabei trat örtlich auch eine Aufweichung und stellenweise Aufschmelzung zu eigenartigen neuen Typen ein, besonders zu den weitverbreiteten Perlgneisen (KIESLINGER, 1969).

Mit Ausnahme des Kürnbergerwaldes und des Freinberges greift das Kristallingebiet nicht über die Donau. Die Südgrenze verläuft in einem tiefen Bogen um Linz und folgt anschließend weitgehend dem Donauverlauf. Östlich von Mauthausen weicht das Kristallin dem mit tertiären Sedimenten gefüllten Gallneukirchner Becken (Ried, Schwertberg); bei Perg erreicht es nochmals das Untersuchungsgebiet.

Gneise sind hauptsächlich westlich von St. Magdalena vorherrschend, östlich davon wurden sie durch Granite verdrängt (Mauthausner Granit, Weinsberger Granit). Diese Granite werden in zahlreichen Steinbrüchen abgebaut.

Trotz des verschiedenen Aussehens sind diese Gesteine in ihrer chemischen Zusammensetzung nahe verwandt; sie sind quarzreich und kalkarm. Verwitterungsprodukte sind lehmige Sandböden mit mehr oder weniger hohem Grobmaterialanteil. Grobmaterialreiche Böden bedecken Kuppen, da das Feinmaterial zum Teil abgetragen wurde. Dadurch verringert sich das Wasserspeicherungsvermögen des Bodens (JANIK, 1961). Diese Tatsache äußert sich auch in der Vegetationszusammensetzung (Föhrenwälder). Der pH-Wert der Böden liegt im sauren Bereich.

Im Kristallingebiet sind die höchsten Erhebungen des Untersuchungsgebietes zu finden: Kürnberg 526 m, Freinberg 405 m, Pöstlingberg 539 m, Pfenningberg 616 m (höchster Punkt), Luftenberg 400 m, Hohenstein 526 m.

Abgesehen vom Steilabfall gegen Süden ist das Kristallingebiet ein Hügelland (Rumpfschollenlandschaft, "Bucklige Welt"). Die Täler und Mulden werden als Felder (Anbau von Roggen, Hafer, Kartoffel) und als Weiden genutzt. Auf Bergrücken stocken ausgedehnte Wälder, zum Großteil aufgeforstete Fichtenbestände (Kürnbergerwald, Steyreggerwald, Hohenstein).

ad 2: Tertiäre (marine) Ablagerungen
Während der tertiären Meeresüberflutung wurden am Massivrand marine Sande (Linzer Sande) und im Inneren des Meeresbeckens Schlier abgelagert. Diese Beckenfüllung erscheint nur kleinräumig an der Oberfläche, da sie weitgehend mit eiszeitlichen Sedimenten von größerer oder geringerer Mächtigkeit überdeckt ist.

Die Linzer Sande bestehen hauptsächlich aus dem abgeschwemmten Grus des Kristallin (Quarzsand). Anstehend sind diese Sande als kleine Inseln am Südrand der Böhmischen Masse zwischen Plesching und Steyregg. Aus diesen Sanden entstandene Böden sind kalkfrei.

Tonige Mergel (Schlier) ergeben neutrale, fruchtbare Ackerböden. Kleinräumig treten sie auf in der Umrahmung der Traun-Enns-Platte, fleckenweise jedoch auch im Inneren. Lehmig verwitterte Schiefertone sind begehrte Ziegelrohstoffe.

ad 3: Quartäre Ablagerungen (fluviatil und aeolisch)
Diese bedecken den größten Teil des Arbeitsgebietes. Südlich der Donau schließen sie an die Böhmische Masse an, überschottern den tertiären Untergrund des Linzer Beckens und liefern das Aufschüttungsmaterial der Traun-Enns-Platte. Die Landschaft ist in mehrere Terrassen gegliedert. Der chronologischen Reihenfolge der Sedimentation nach sind folgende Differenzierungen möglich:

Diluvium (Pleistozän)

Ältere Terrasse:	Günzeiszeitl.	fluvio-glaziale Schotter	mit Lößauflage
Jüngere Terrasse:	Mindeleiszeitl.		
Hochterrasse:	Rißeiszeitl.		
Niederterrasse:	Würmeiszeitl.	———————	ohne Lößauflage

Alluvium (Holozän)

Austufe: fluviatile Schotter

Die Älteren Terrassen – zugleich die höhergelegenen – sind deutlich erkennbare Punkte in der Landschaft. Ältere Deckenschotter bauen den Bauernberg (332 m) und östlich von Ebelsberg den Schiltenberg (334 m) auf; ebenso besteht der Untergrund der Hochmulde zwischen Luftenberg und St. Georgen aus solchen Schottern. Auch bei St. Florian findet man sie. Die Sohle liegt einheitlich bei ca. 300 m. Auf diese Schotter wurde unmittelbar um Linz, am Rand des Trauntales und auf der Traun-Enns-Platte eine Löß-Lehm-Schichte angeweht. Die daraus entstandenen Böden zeigen besonders in Mulden eine Entbasung der Oberfläche und in Verbindung damit eine Verminderung der Durchlässigkeit (Tagwasserstau), (STOCKHAMMER, 1964).

Im Inneren der Traun-Enns-Platte treten kleinräumig jüngere Deckenschotter auf. Ihre Oberfläche liegt bei ca. 290 m. Aus gleichaltrigen Schottern besteht der Tillysburger Riedel und vielleicht auch der Eichberg (bei Enns). Vielfach liegen darüber auch Lößschichten.

Rißeiszeitlichen Ursprungs sind die Hochterrassenschotter des Hörschinger Feldes und des Harter Plateaus. Diese Terrasse reicht bis ins Stadtgebiet von Linz und endet am Steilabhang bei Niedernhart. Auf der anderen Seite des Trauntales liegt Ebelsberg auf einem solchen Hochterrassenrest. Die Schotteroberfläche liegt bei ca. 270 m. Im Gegensatz zu den noch zu besprechenden Niederterrassenschottern tragen sie größtenteils eine 8 – 10 m mächtige Lößschichte.

Auf der Niederterrasse (Oberfläche 264 m) liegen der Linzer Stadtkern, die ausgedehnten Randbezirke der Landeshauptstadt wie St. Martin, Neue Heimat, Kleinmünchen. Den Rand der Traun-Enns-Platte zum Trauntal, Donautal und Ennstal begleitet eine solche Schotterterrasse. Östlich der Enns erfährt sie eine weite räumliche Ausdehnung. Nach dem Einschneiden der Flüsse in diese letzteiszeitlichen Schotter konnte eine ungestörte Bodenbildung beginnen.

Bandförmig ist das hochwassergefährdete Augebiet entlang der Donau, der Traun und der Enns in die Niederterrasse eingesenkt. Durch Regulierung wurden weite Flächen des Augebietes verlandet. Dort entstanden junge, wenig entwickelte Auböden.

Aus Löß sind basenreiche, fruchtbare Lehmböden hervorgegangen, die landwirtschaftlich intensiv genutzt werden (Anbau von Weizen, Gerste, Zuckerrüben, Mais). Wegen der Expansion der Städte und

Orte werden nach und nach solche wertvollen Ackerflächen zu Siedlungsräumen umgewidmet.

Die Schotter der Niederterrassen sind ein geschätztes Baumaterial. In ausgedehnten Schottergruben bei Fisching, Asten, St. Valentin und St. Pantaleon werden sie ausgebeutet. Auch der Pichlinger-See war eine ehemalige Schottergrube (Baggersee).

Die Eisen- und Stahlindustrie und die Chemische Industrie ist im Augebiet konzentriert, hauptsächlich wegen der Donau, deren Wasser einerseits für Industriezwecke verwendet wird, andererseits ist sie ein wichtiger Verkehrsweg.

2.3. Klima

Die landschaftliche Großgliederung des Raumes in die weiten Flußebenen der Donau, der Enns und der Traun, in das Linzer Becken, in die Terrassenflächen der Traun-Enns-Platte und die Nordumrahmung durch Kristallinberge läßt naturgemäß lokalklimatische Unterschiede erwarten.
Durch die Gründung der großen Industrien kam es in den Flußniederungen zu einer Ausweitung des Wohnsiedlungsbereiches. Diese Ballungsräume zeigen deutlich klimatische Abwandlungen im Vergleich zum umliegenden, unverbauten Umland. Man hat dafür den Terminus "Stadtklima" eingeführt (KRATZER, 1956).

Meßergebnisse von Stationen sowohl im verbauten Gebiet als auch in der unverbauten Umgebung ermöglichen es, künstlich herbeigeführte Änderungen der wichtigsten Klimafaktoren aufzuzeigen.

2.3.1. Temperatur

Erwartungsgemäß sind die Temperaturwerte am Pöstlingberg infolge der Seehöhe im Durchschnitt um ca. 1,4° C niedriger als jene der anderen Stationen. Die markanten Unterschiede zwischen den beiden gleich hoch gelegenen Stationen Linz-Stadt und Enns lassen als Ursache den verbauten Großraum Linz erkennen.

	I	II	III	IV	V	VI
Pöstlingberg	– 3,6	– 1,0	2,3	9,0	11,7	16,1
Linz-Stadt	– 2,1	0,8	3,8	10,3	13,3	17,5
Enns	– 2,9	0,2	3,2	9,9	13,2	17,3
Mauthausen	– 2,7	0,3	3,3	9,9	13,5	17,8

	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø
Pöstlingberg	17,3	16,4	13,8	8,9	2,9	–2,9	7,6
Linz-Stadt	18,6	17,5	15,0	9,9	4,6	–1,2	9,0
Enns	17,4	17,4	14,6	9,3	4,1	–1,8	8,6
Mauthausen	18,7	17,6	14,7	9,4	4,3	–1,4	8,8

MONATS- UND JAHRESMITTEL DER LUFTTEMPERATUREN (1961 – 1970)
aus: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- u. Wassertemperaturen in Österr. im Zeitraum 1961 – 1970

Im Winterquartal (XII – III) sind die Werte in Linz um durchschnittlich 0,6° C höher (0,8° C im Jänner). Die geringsten Differenzen treten im Sommer (0,2° C) auf.

Als Ursache dafür können folgende Punkte angenommen werden:

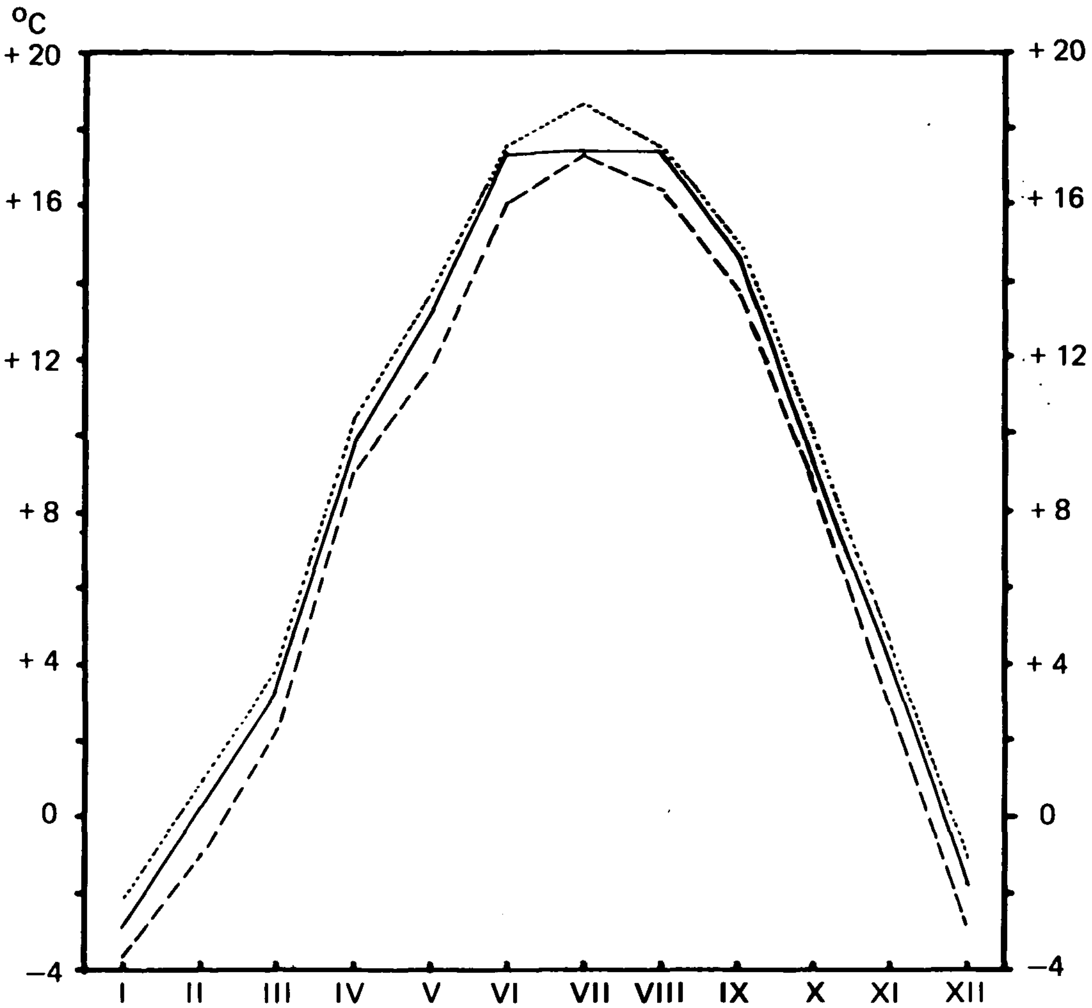
– Zufuhr von Wärme und Ruß durch Industrie und Hausbrand beim Verheizen von Kohle und Heizöl.

– Die Dunsthaube: anfangs erscheint es paradox, davon eine Temperaturerhöhung abzuleiten, wird doch die Einstrahlung vermindert. Überlegt man aber den Einfluß der Dunstglocke auf die Ausstrahlung, so findet man, daß ihre Kerne eine Erhöhung der atmosphärischen Gegenstrahlung bedingen; dies ist die Ursache der Temperaturerhöhung. Außerdem ist die Ausstrahlung länger als die Einstrahlungsdauer.

– Die dunklen Dächer und Asphaltstraßen absorbieren mehr Wärme, die sie an Mauern und an den Boden weiterleiten; noch dazu kühlen sich diese Flächen langsamer ab als die Rasen des freien Landes (HOPP, 1973).

– Wegen des raschen Abfließens des Niederschlagswassers in Kanälen wird weniger Wärme für die Verdunstung verbraucht.

– HOPP (1973) führt weiters die "riesige innere Oberfläche" an, die sich durch Summierung aller Hauswände, Dachschrägen und Straßen ergibt. Es resultiert eine Zunahme der Absorptionskapazität. Durch Einengung des Abstrahlungswinkels wird in der Nacht die Wärme vor einer Ausstrahlung ins All an die Nachbargebäude und Straßen abgegeben.



.... Linz-Stadt
———— Enns
– – – – – – – Pöstlingberg

MONATSMITTEL DER LUFTTEMPERATUREN (1961 – 1970)

– Im untersuchten Raum ist das Linzer Becken das windärmste Gebiet (SCHMEISS, 1974). Die mangelnde Durchlüftung wirkt ebenfalls dem Temperaturausgleich mit dem Umland entgegen. Dies scheint jedoch nur tagsüber zuzutreffen. Während der Nacht kann aber die Ausstrahlung den Temperaturunterschied ausgleichen, es kann sogar ein entgegengesetzter Temperaturgradient entstehen (Strahlungsinversion).

2.3.2. Inversionen

Vermehrt treten sie bei Beckenlagen auf, wenn in ihnen der Luftaustausch gehemmt ist.

– Warme Luftmassen können über kältere aufgleiten (Aufgleitinversion). Häufig ergibt sich dieser Typ im Winter; dabei entsteht im Becken ein stabiler Kaltluftsee.
– Bei klarer Nacht wird durch die rasche Bodenabkühlung Bodenkälte an erdnahe Luftschichten übertragen, die ihrerseits noch von wärmeren überlagert sind (Boden- oder Strahlungsinversion). Der erhebliche Staubgehalt wirkt in dem Sinne, daß die schneller als die Luft sich abkühlenden Kerne ihre Kälte zuerst auf die erdnahe Luftschicht übertragen, sodaß diese eher tiefere Temperaturen erreicht als höhere, staubärmere Luftmassen (HOPP, 1973). Im Herbst und im Winter treten die häufigsten Inversionen auf, vor allem in den Morgen- und Abendstunden (SCHMEISS, 1974). Kurzdauernde Inversionserscheinungen gibt es öfters in den Morgenstunden im Sommer, die sich aber bei zunehmender Tageserwärmung rasch auflösen.

An der Obergrenze der Inversionen (Sperrschicht) sammeln sich die Emissionen von Industrie, Hausbrand und Verkehr infolge des verhinderten Luftaustausches zwischen bodennahen Luftschichten und freier Atmosphäre. Die mittlere Obergrenze der Rauchfahnen (= Sperrschicht der Inversion) wurde über Linz in ca. 230 m Höhe ermittelt.

2.3.3. Wind

Das Untersuchungsgebiet liegt großklimatisch gesehen in einer Westwindzone. Ost- und Südostwinde erlangen im Winterhalbjahr größere Bedeutung.

Auffällig ist eine mehr oder weniger starke Abweichung von der Westrichtung in den Stationen Linz und Enns.

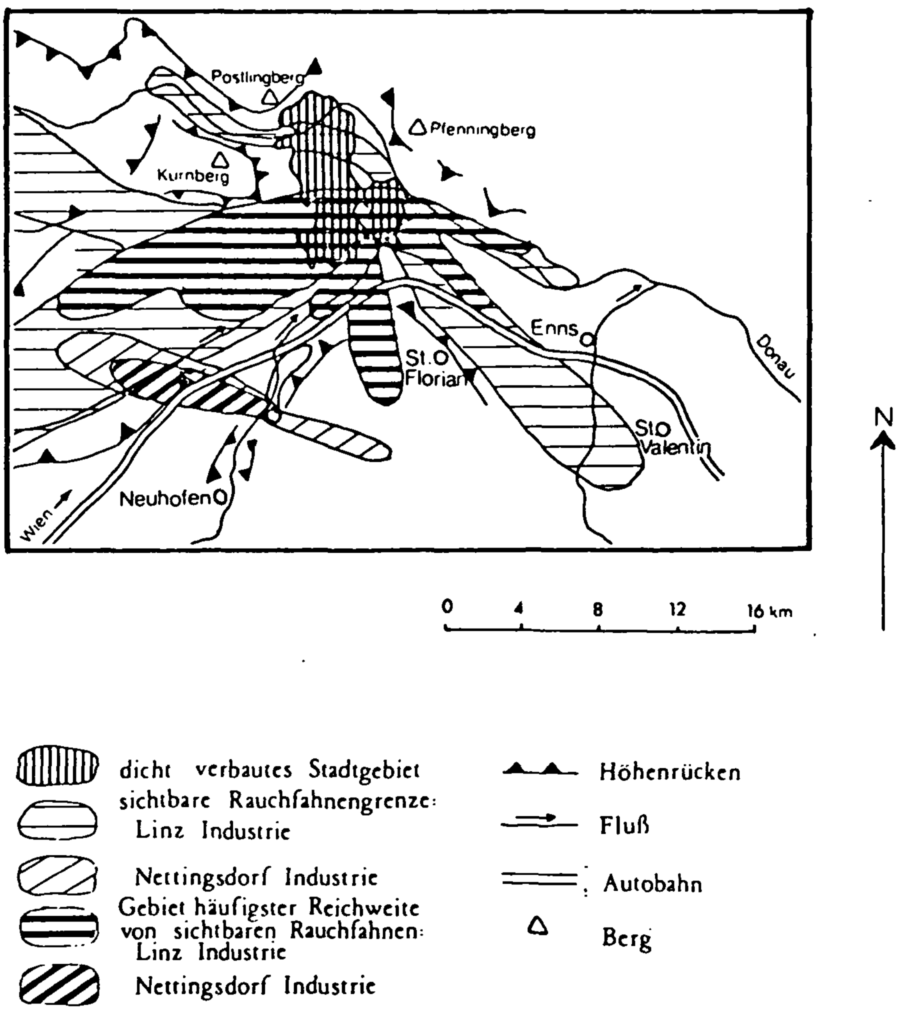
In erster Linie verursachen landschaftliche Gegebenheiten (Becken, Täler) diese Ablenkungen.

In Enns wird die Westrichtung durch den Verlauf des Donautales in NW – SO Richtung das ganze Jahr hindurch auf die Nordwestrichtung umgelenkt. Eine solche Umlenkung der Windrichtungen im Gegensatz zu der windoffenen Station Hörsching kann auch im Linzer Becken angenommen werden. Hier treten aber auch zwei weitere Faktoren auf:

– die starke Verbauung: Hochbauten stellten sich dem Wind als Hinternisse entgegen (z.B. auf dem Harter Plateau); dazu entstehen an ihnen Turbulenzen.
– eine Stadt – Umland – Zirkulation, hervorgerufen durch den Wärmeüberschuß der Stadt. Kühle Luft vom Land ersetzt die aufsteigende Warmluft.

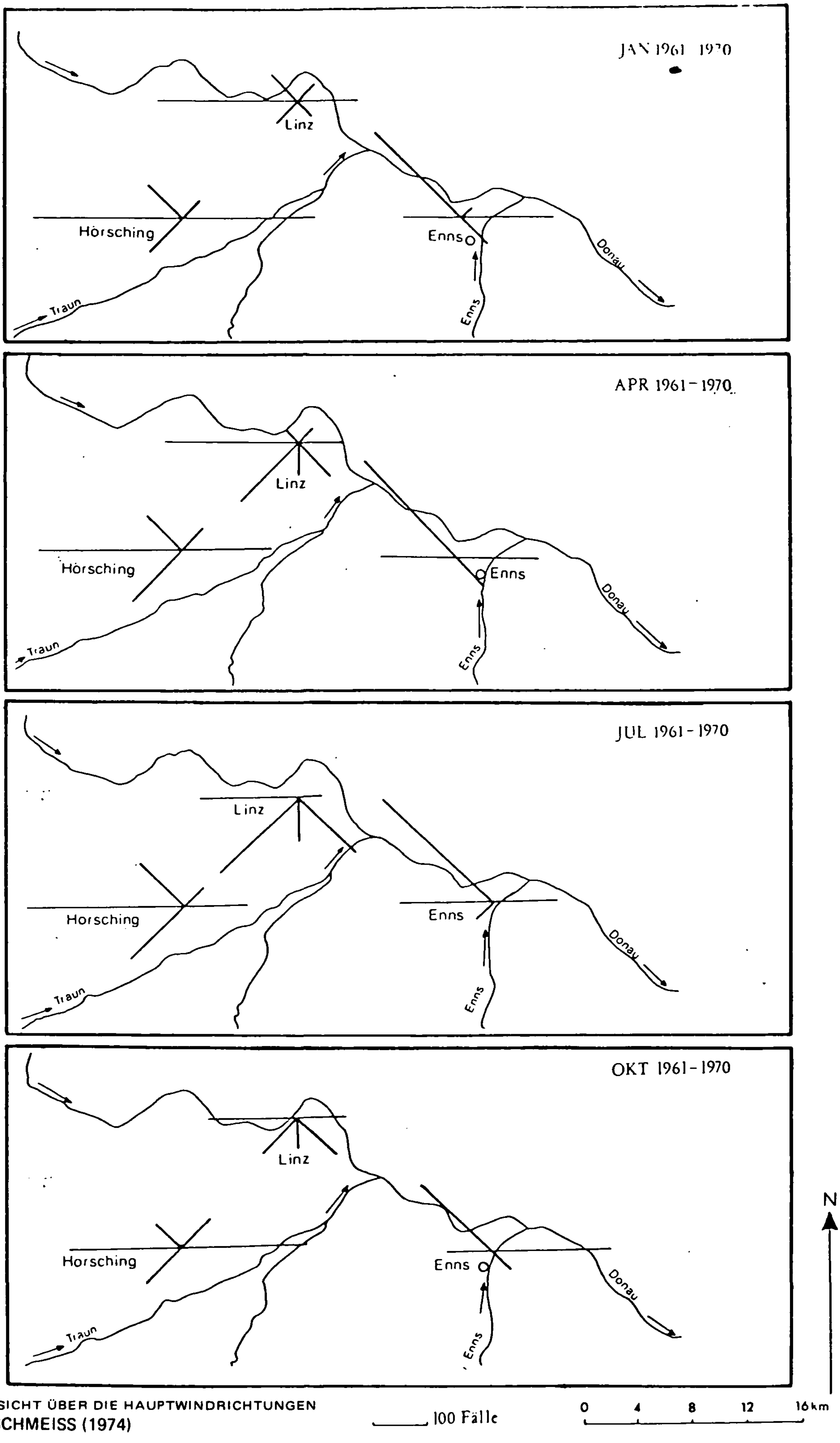
Der Wind als Träger der Luftverunreinigungen bestimmt durch seine Richtung die immissionsbelasteten Gebiete.

Neben diesen Umlenkungen verringert eine ständige Vergrößerung der Reibungsflächen (durch Errichtung von Bauten) auch die Windgeschwindigkeit. Diese hat Einfluß auf die Verteilung, auf die Reichweite und die Beständigkeit der Abgasfahnen.



AUSBREITUNG UND REICHWEITE VON RAUCHFAHNEN BEI VERSCHIEDENEN WINDRICHTUNGEN UND WINDGESCHWINDIGKEITEN (= Bft 2) IM GROSSRAUM LINZ (MAI – SEPTEMBER 1973)

aus: STUBENRAUCH (1976)



ÜBERSICHT ÜBER DIE HAUPTWINDRICHTUNGEN
aus: SCHMEISS (1974)

Vor allem bei stabiler Luftschichtung (im Herbst und Winter) können sich Abgasfahnen bis zu einer Windstärke Bft 2 oder Bft 3 lange und auf weite Strecken hin mit hoher Konzentration erhalten. Erst über Bft 4 können sich die Verunreinigungen leicht auflösen (WEISZ u. FRENZEL, 1956).

Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen in der Station Linz - Museumstraße (Beobachtungszeitraum 1948 – 1957) weisen deutlich auf die besonderen Windverhältnisse im Linzer Becken hin.
Bft 2 tritt am häufigsten auf. Diese Windgeschwindigkeit bevorzugt in erster Linie die Westrichtung. Bemerkenswert ist der gleich große Anteil von Bft 1 bei Ostwinden. In SO-Richtung übertrifft Bft 1 sogar Bft 2, also gerade in der Richtung, die vom Industriegebiet am SO-Ausgang des Linzer Beckens die Abgase ins Beckeninnere führt. (WEISZ u. FRENZEL, 1961).
Die windschwächeren Stationen im Linzer Becken und im Donautal weisen eine höhere Anzahl windstiller Tage auf (Calmen), an denen hohe Konzentrationen von Schadstoffen (besonders im Winter) auftreten können.

	I	II	III	IV	V	VI
Linz-Stadt	289	261	222	192	215	199
Enns	302	267	259	257	220	222
Hörsching	100	80	83	86	99	86

	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe
Linz-Stadt	233	382	328	385	283	279	3268
Enns	279	347	414	335	148	214	3264
Hörsching	117	141	154	175	94	130	1345

TAGE MIT CALMEN (Summe aus den Terminen 0700, 1400, 2100); BEOBACHTUNGSZEITRAUM 1961 – 1970
aus: SCHMEISS (1974)

2.3.4. Niederschlag

In die Sommermonate (VI – VIII) fällt das Maximum der Niederschläge, in den Jänner das Minimum. Die Werte der Station Linz-Stadt sind im Juli und August relativ niedrig im Vergleich zu jenen der im Osten davon gelegenen Station Ebelsberg. HOPP (1973) weist auf eine ähnliche Situation in Würzburg hin. Als Ursache sieht er die Erhöhung der Niederschlagsbereitschaft durch eine eigene Wolkenbildung über der Stadt (GEIGER, 1942), weiters die Infektion der Wolken mit Kondensationskeimen. Die häufigen Westwinde führen die Wolken mit und verursachen ein Ausregnen am Ostrand des Ballungsraumes. Meistens kommt es zu einem Nieseln (siehe Nebelhäufigkeit).

Kurze, aber oftmalige und intensive Regenfälle haben eine reinigende Wirkung, da sie die Verunreinigungen aus der Atmosphäre auswaschen (WEISZ u. FRENZEL, 1956). Langanhaltendes Nieseln im Verein mit Windstille, Nebel und Inversionen – häufig im Herbst – verursacht dagegen noch eine zusätzliche Anreicherung der bodennahen Luftschicht mit Emissionen.

	I	II	III	IV	V	VI
Linz-Urfahr	41	60	61	64	97	115
Linz-Stadt	37	60	57	59	92	107
Ebelsberg	36	52	50	62	96	106
Weingartshof	31	45	45	58	94	99
St. Florian	44	59	58	65	88	106
Enns	34	52	51	57	86	102
Mauthausen	35	52	50	59	88	100

	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe
Linz-Urfahr	90	96	61	53	52	63	853
Linz-Stadt	89	93	59	49	49	66	817
Ebelsberg	101	106	60	49	53	60	831
Weingartshof	89	102	60	49	49	54	775
St. Florian	102	105	58	49	57	68	859
Enns	92	104	57	47	47	58	787
Mauthausen	94	102	59	49	48	58	794

MONATS- UND JAHRESSUMMEN DER NIEDERSCHLÄGE (1961 – 1970)
aus: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österr. im Zeitraum 1961 – 1970

2.3.5. Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit ist erwartungsgemäß im Sommer am niedrigsten, weil durch eine vermehrte Einstrahlung die Wasserkapazität infolge der Erwärmung der Luftmassen ansteigt.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø
Linz	83	80	75	70	72	72	73	75	78	83	82	84	77
Enns	88	85	80	76	79	77	77	80	83	86	88	90	82
Hörsching	88	83	80	74	75	74	74	77	80	85	86	88	80

MONATS- UND JAHRESMITTEL DER RELATIVEN LUFTFEUCHTIGKEIT (%); 1961 – 1970
Meßdaten zur Verfügung gestellt von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien.

In Stadtstationen werden durchschnittlich niedrigere Werte gemessen als in Freilandstationen. Mehrere Faktoren, die jedoch häufig gemeinsam zutreffen, dürften dies verursachen:

– Die höhere Temperatur senkt bei gleichem absolutem Wassergehalt der Luft die relative Luftfeuchtigkeit.
– Die rasche Ableitung des Niederschlagswassers unterbindet eine ausgiebige Verdunstung.
– Mangel an transpirierender Vegetation (verhältnismäßig wenige Grünflächen und Parkanlagen).
– Windarmut verringert den Luftaustausch; keine feuchten Luftmassen werden herbeigeführt.
– Hygroskopische Emissionen binden Wasser; so bildet z.B. SO_2 mit Wasser Schwefelige Säure;

Häufiger und ausgiebiger Tau ist für Flechten von eminenter Bedeutung. Vermehrten Taufall kann man im Freiland mit durchschnittlich höherer relativer Luftfeuchtigkeit und mit ausgeprägten Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht annehmen.

2.3.6. Nebel

Neben dieser die relative Luftfeuchtigkeit herabsetzenden Wirkung können Emissionen noch eine andere Erscheinung verursachen.

Im Herbst ist bei verminderter Sonneneinstrahlung eine Abkühlung der Luft auch unter der Dunstglocke, und damit ein Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit zu erwarten. Wie erwähnt, sind in dieser Jahreszeit auch Inversionen und geringe Luftbewegungen häufig. Führt jetzt die Industrie und der Hausbrand vermehrt Kondensationskeime zu, dann ist ein Nebelmaximum zu erwarten.

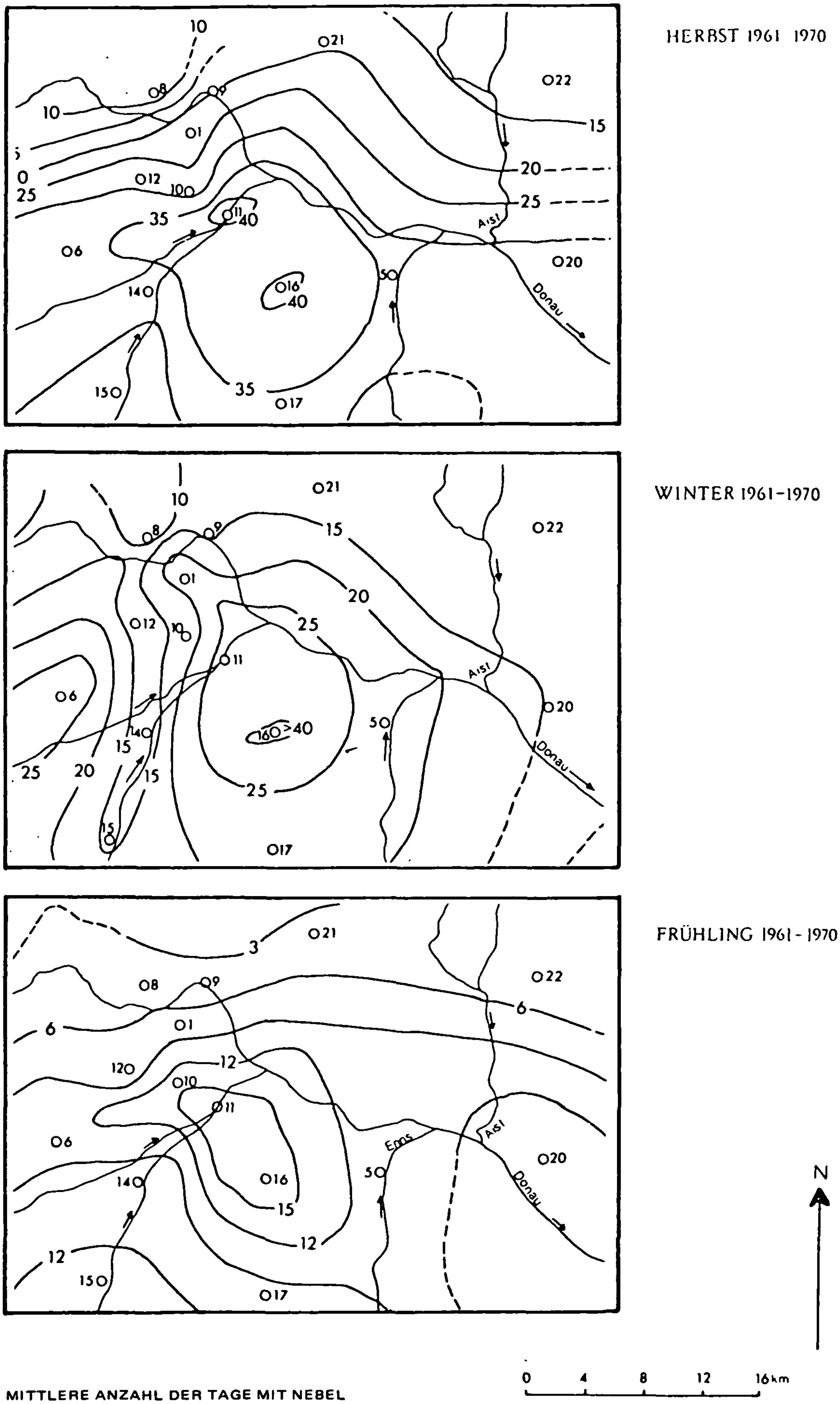
Im Untersuchungsgebiet überwiegen die Boden- und Hochnebel (Strahlungsnebel). Ihr Entstehen fördern neben der oben angeführten noch folgende Ursachen:

– klarer Nachthimmel und folgend große Ausstrahlung
– genügend Feuchtigkeitsvorrat und hohe relative Luftfeuchtigkeit
– Windstille oder geringe Luftbewegung
– Inversionen

Stationen (zur Darstellung auf der nächsten Seite)

1	Linz	260 m	12	Weingartshof
5	Enns	260 m	14	Haid
6	Hörsching	301 m	15	Neuhofen
8	Pöstlingberg	530 m	16	St. Florian
9	Heilham	260 m	17	Maria Laah
10	Scharlinz	260 m	20	Laab
11	Ebelsberg	260 m	21	Gallneukirchen
			22	Tragwein

MITTLERE ANZAHL DER TAGE MIT NEBEL



MITTLERE ANZAHL DER TAGE MIT NEBEL
aus: SCHMEISS (1974)

——— 12 ——— Tage mit Nebel

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe
Linz	86	48	41	15	13	9	8	5	49	97	69	75	515
Pöstlingberg	37	22	16	7	14	5	3	2	9	25	43	38	221
Scharlinz	71	46	65	37	22	6	11	29	86	136	65	50	624
Heilham	55	41	28	4	4	3	0	2	37	105	58	54	389
Weingartshof	46	41	48	21	17	10	11	30	87	120	66	50	547
Ebelsberg	119	79	93	50	48	40	73	73	126	171	115	94	1081
Enns	78	55	41	26	30	21	13	30	99	146	90	73	702
St. Florian	171	135	97	55	39	28	29	53	135	207	163	137	1249
Hörsching	110	77	51	24	30	23	24	33	93	143	113	90	811
Haid	29	48	47	23	19	11	10	29	99	136	72	37	560

TAGE MIT NEBEL (1961 – 1970)
aus: SCHMEISS (1974)

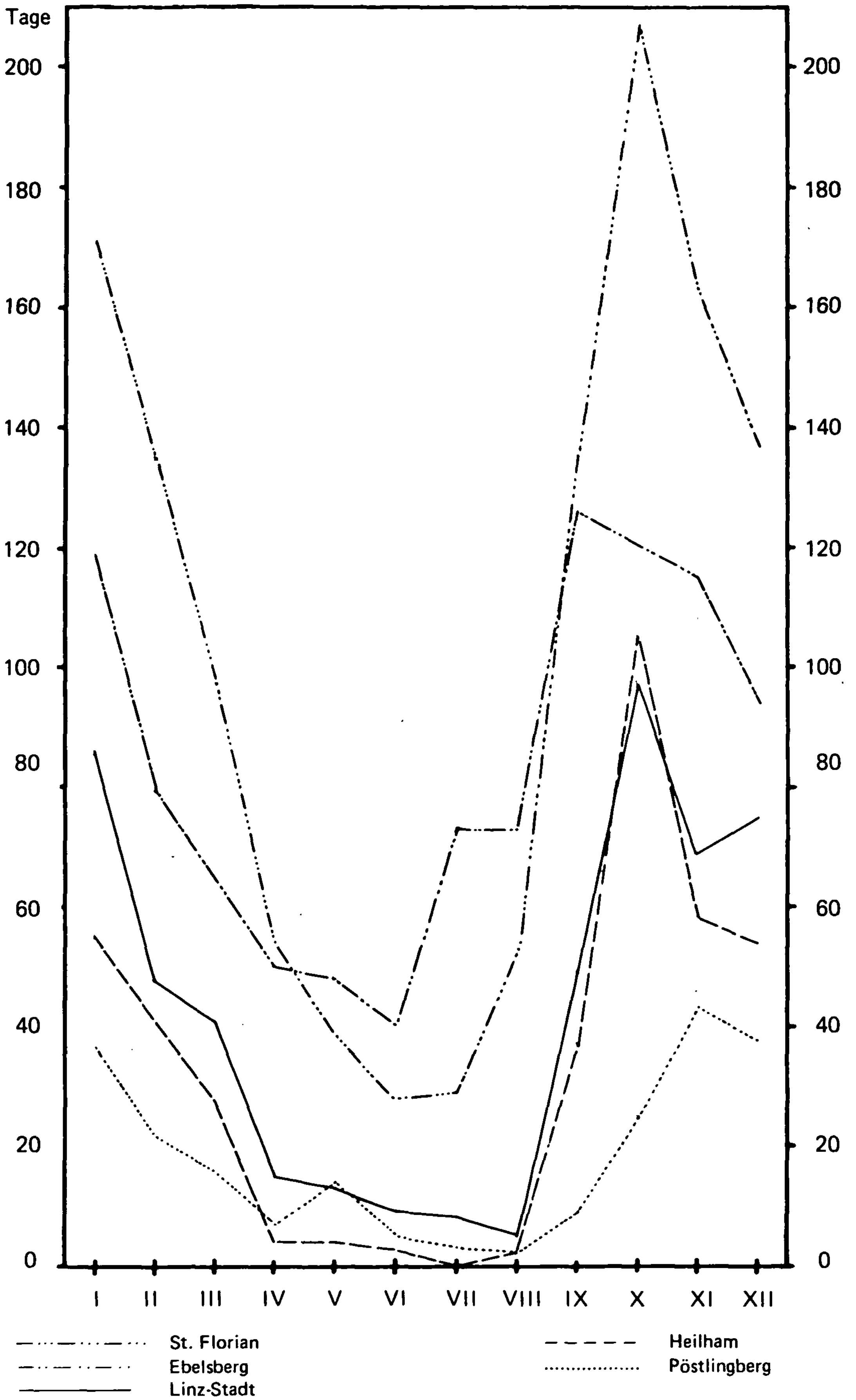
Wie die Abbildungen und die Tabelle zeigen, zählen Ebelsberg, St. Florian und die Traun-Enns-Platte zu den nebelreichsten Gebieten. Bei allen Stationen tritt das Nebelmaximum im Oktober auf. Auf der Traun-Enns-Platte (auch in St. Florian) ist die Häufigkeit auf die weiten, zur Kaltluftseebildung neigenden Muldentäler zurückzuführen (SCHMEISS, 1974).

Folgende Tabellen zeigen, daß Südost- und Ostwinde im Herbst häufige Nebelbringer sind:

Linz

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
N	2	1								1		3	7
NE	5	3								1	6	1	16
E	12	1	7	1	2	1			3	4	11	11	53
SE	8		1	1	2				5	12	7	7	43
S	1	1		2					3	6	2	1	16
SW	4		2	1		1	1	1	1	2	5	5	23
W	10	5	6		1	1			1	11	7	9	51
NW	7								1	1	2	10	21
C	76	36	28	10	8	3	7	4	36	97	58	77	440
													670

Fortsetzung auf Seite – 12 –



ANZAHL DER TAGE MIT NEBEL (1961 – 1970)

Hörsching

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
N	5	1	2					2		3	4	2	19
NE	6	3	1					1	3	12	7	5	38
E	22	9	7	2			1	1	10	14	26	20	112
SE	2	3								2	1	2	10
S	3	3			1	1			3	5	4	4	24
SW	2	2	2		1				3	5	8	4	27
W	11	7	5	2			2	1	8	14	15	8	73
NW	4	2							1	4	2		13
C	28	16	11	8	4	3	1	2	37	64	23	32	229
													545

Enns

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
N										2	2	1	5
NE	1								2	3	3		9
E	4	3	1	1	1				7	15	8	10	50
SE	1		1						1		2	1	6
S										1			1
SW	1									1	1		3
W	4	3		2	2	1			1	2	5	7	27
NW	6	3	1	2	1	1	1	1	4	3	10	3	36
C	40	35	21	8	7	2	2	11	58	115	32	36	367
													504

HÄUFIGKEIT VON NEBEL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER WINDRICHTUNG
(Summe aus den Terminen 0700, 1400, 2100); 1961 – 1970
aus: SCHMEISS (1974)

Die gefährliche Situation, die sich schon allein durch das Auftreten dieser Winde für den Linzer Raum ergibt, wird durch das Dazukommen des Nebels – vor allem bei einer Andauer von zwei bis drei Tagen – noch verschlechtert (Smogbildung).

2.3.7. Sonnenscheindauer

Die Monatssummen der Sonnenscheindauer erreichen das Maximum im Juli. Durchgehend (außer Februar) sind die Werte der Freilandstation Hörsching höher als jene von Enns. Keine Registrierung der Sonnenscheindauer liegt von Linz-Stadt vor.

Ob in Linz die Sonnenscheindauer kürzer ist, kann ohne Meßdaten nicht angegeben werden, zumal aus anderen Städten sich widersprechende Angaben vorliegen (HOPP, 1973).

Sicherlich wird aber im Vergleich zum Umland die Einstrahlung im Stadtgebiet durch eine Dunstglocke abgeschwächt.

	I	II	III	IV	V	VI
Hörsching	41	69	112	165	188	219
Enns	42	70	109	164	182	211

	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Hörsching	236	204	168	113	49	36	1600
Enns	226	196	164	111	48	35	1558

MITTLERE MONATS- UND JAHRESSUMMEN DER SONNENSCHEINDAUER IN STUNDEN (1961 – 1970)

Die Werte wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (Wien) zur Verfügung gestellt.

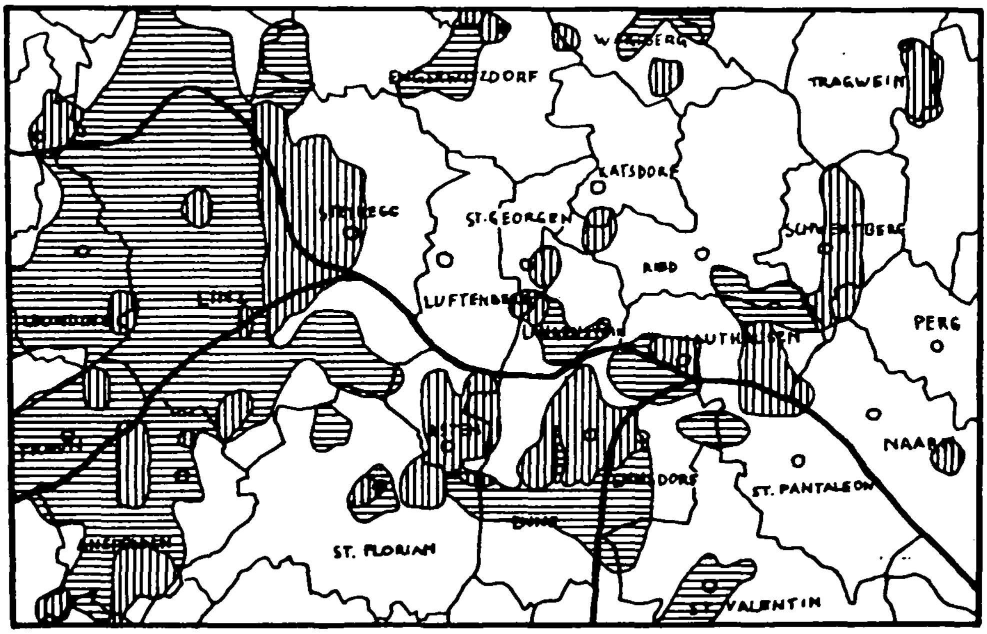
2.4. Betriebsstandorte und Siedlungsflächen

Bis vor dem zweiten Weltkrieg war das oberösterreichische Alpenvorland vorwiegend Agrarland.

Nach der Gründung der Schwer- und Chemischen Industrie am Ostrand von Linz folgte eine rapide Bevölkerungszunahme, die eine enorme Ausweitung der Siedlungsflächen bewirkte.

Zahlreiche neue Industriebetriebe siedelten sich im Traun- und Donautal an, im Kremstal die Nettingsdorfer Papierindustrie. Westlich der Ennsmündung wurde der Aubereich zu einem Industriestandort umfunktioniert.

Auf niederösterreichischem Landesgebiet errichtete die ÖMV bei Rems ein Tanklager (Zentraltanklager West). Der Baubeginn des Kernkraftwerkes Stein – St. Pantaleon wurde einstweilen aufgeschoben.



Betriebsstandorte — Siedlungsflächen — M 1 : 250000

POTENTIELLE EMITTENTEN
verändert nach STUBENRAUCH (1976)

Von Industrie, Haushalten und Verkehr emittierte Schadstoffe verändern die Luftzusammensetzung. Sie wirken als Immissionen schädigend ein auf Bauwerke, Pflanzen, Tiere und Mensch.

Emission	Emittent I	H	V	Angaben über Entstehen und Vorkommen
SO_2	x	x		bei Verbrennen schwefelhältiger Brennstoffe (Kohle, Öl); Rösten schwefelhältiger Erze; SO_2 oxidiert allmählich zu SO_3.
H_2O	x			Kokereien, Zellulose- und Viskosefabriken, Hochöfen, Zuckerfabriken, Raffinerien, Kläranlagen
HF	x			Flußsäuredämpfe in Glashütten, Ziegelwerke, Aluminiumhütten
CO	x		x	bei Verbrennungsvorgängen ohne genügenden Sauerstoffüberschuß
NO_x	x	x	x	Herstellung von Salpetersäure und Schwefelsäure nach dem Bleikammerverfahren; Verarbeitung von Salpetersäure in Düngemittelfabriken; KFZ-Abgase
C_nH_m	x		x	unvollkommene Verbrennung in Motoren; Ausstoß abhängig von der Treibstoffzusammensetzung
Stäube	x	x		Zementstäube (bis 50 % CaO, bis 15 % SiO_2) Flugasche bei Braunkohlen- und Steinkohlenfeuerung (bis 45 % SiO_2)

I = Industrie H = Haushalte V = Verkehr

SCHADSTOFFEMISSIONEN IM RAUM LINZ
Zusammenstellung in Anlehnung an BARKMAN (1969), JÜRGING (1975) und STUBENRAUCH (1976)

2.5. SO_2-Belastung

Schwefeldioxid ist das am häufigsten im Rauch vorkommende toxische Gas. Schon STOCKHARDT (1853, zit. nach HUTTER, 1973) nennt das SO_2 das spezifische Pflanzengift.

SO_2 oxidiert in Anwesenheit von Katalysatoren (Ruß und Schwermetallstaub) zu SO_3. BARKMAN (1969) gibt an, daß das in der Atmosphäre befindliche SO_2 innerhalb von drei Tagen zu SO_3 oxidiert wird.

Die wässrige Lösung von SO_2 ist die Schwefelige Säure.

$$SO_2 + H_2O \leftleftharpoons H_2SO_3$$

Das Gleichgewicht dieser Reaktion liegt ganz auf der linken Seite. Fast alles SO_2 liegt daher als unverändertes SO_2 vor (HOLLEMANN – WIBERG, 1971).

Im sauren Bereich liegen als Dissoziationsprodukt von H_2SO_3 vorwiegend HSO_3-Ionen, im basischen Bereich hauptsächlich SO_3-Ionen vor.

Zum Unterschied dazu ist bei der analogen Reaktion

$$SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4$$

das Gleichgewicht auf seiten der Schwefelsäure.

Als noch unschädliche Einwirkungsgrenzwerte (für Mensch, Tier und Pflanzen) gibt die VDI-Richtline 2108 aus dem Jahre 1961 folgende Konzentrationen an:

Maximale Immissionskonzentration für Dauereinwirkung (MIK_D)

$$MIK_D = 0{,}5 \text{ mg } SO_2/m^3 \text{ Luft}$$

Maximale Immissionskonzentration für Kurzzeiteinwirkung (MIK_K)

$$MIK_K = 0{,}75 \text{ mg } SO_2/m^3 \text{ Luft}$$

Bedeutend tiefer setzt die WHO die als Empfehlung herausgegebenen Grenzwerte an (zit. nach STUBENRAUCH, 1976):

Jahresmittelwert:	0,06 mg SO_2/m^3 Luft
Tagesmittelwert:	0,2 mg SO_2/m^3 Luft

Die Unterabteilung Immissionsschutz des Amtes der oö. Landesregierung führt seit 1973 ein Großflächenmeßprogramm zur Ermittlung des Schwefel- und Staubgehaltes der Luft durch. Die SO_3-Werte (angegeben in mg $SO_3/100\ cm^3$. d) wurden mit der Bleikerzenmethode ermittelt. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite dargestellt.

Kennzeichnung der SO_2-Belastung

Zone 1:	Schwefeldioxidbelastung vernachlässigbar klein
Zone 2:	geringe Schwefeldioxidbelastung
Zone 3:	mäßige SO_2-Belastung
Zone 4:	starke SO_2-Belastung
Zone 5:	sehr starke Schwefeldioxidbelastung

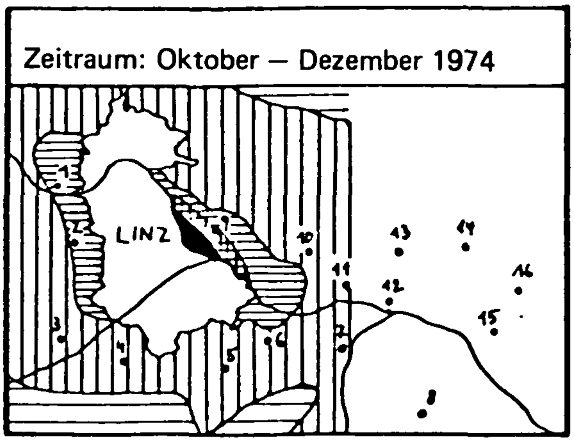
Die höchsten, oft auch für den Menschen gesundheitsschädlichen Konzentrationen treten im Winterhalbjahr, besonders im Zeitraum von Oktober bis Dezember, auf.

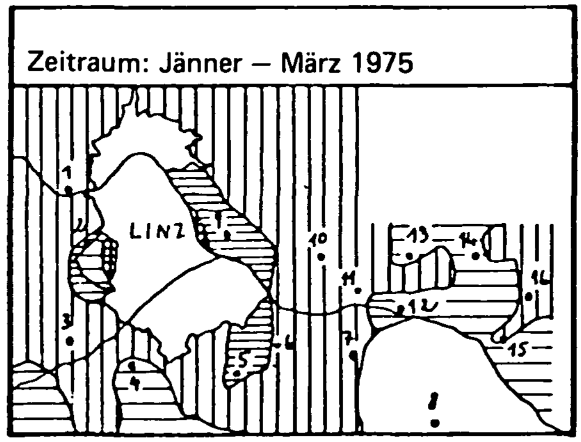
Zweifellos verursacht die Industrie die Spitzenwerte bei Steyregg. Zudem führen auch die Haushalte in der Heizperiode vermehrt SO_2 zu. Verschiedene klimatische Erscheinungen hemmen weiters die Verdünnung des ausgestoßenen SO_2:

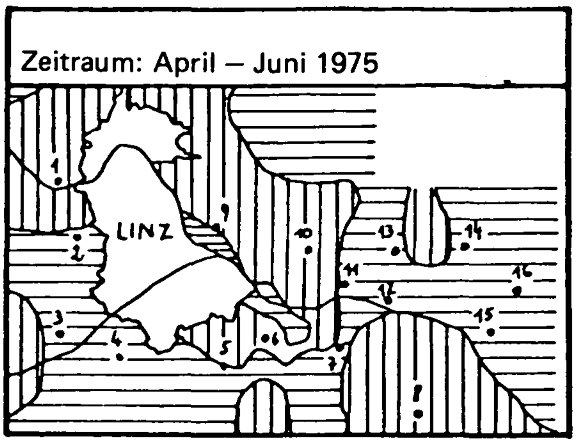
- die besonders im 4. Quartal ausgeprägte Windarmut, dazu das Auftreten von schwachen Ost- und Südostwinden (Zone 3 am Westrand von Linz bei Leonding und Puchenau).
- Inversionen und Nebelmaxima in Becken- und Flußniederungen. Die Begrenzung der SO_2-belasteten Gebiete stimmt gut mit der Beckenumrahmung überein.

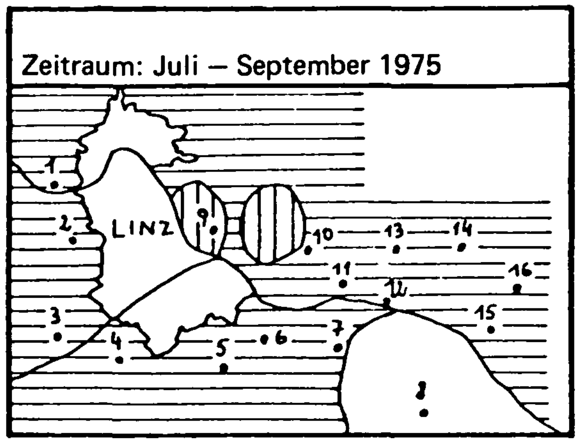
Leider ist in den Darstellungen das Linzer Stadtgebiet ausgespart geblieben. Luftgütemessungen führt hier die Klimastelle der Stadt Linz durch. Mangels neuerer Ergebnisse ist für das Stadtgebiet die Situation des Jahres 1960 (aus BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963) dargestellt. Konzentrationsangabe in mg $SO_3/100\ cm^3$.100 Stunden.

Erwartungsgemäß findet sich ein Maximum über dem Industriegebiet, dazu kommt im Winter ein zweites über dem dicht verbauten Stadtkern.







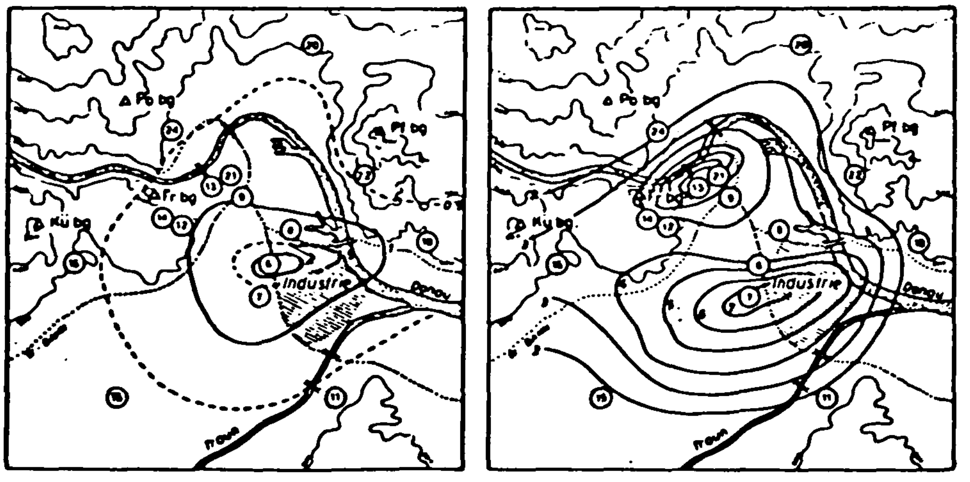


M: 1:50000

Zone 1: ≦ 0,2 mg/(dm².d)
Zone 2: ≦ 0,5 mg/(dm².d)
Zone 3: ≦ 0,75 mg/(dm².d)
Zone 4: ≦ 1,0 mg/(dm².d)
Zone 5: > 1,0 mg/(dm².d)

1	Puchenau	7	Enns	13	Ried
2	Leonding	8	St. Valentin	14	Schwertberg
3	Traun	9	Steyregg	15	Naarn
4	Ansfelden	10	St. Georgen	16	Perg
5	St. Florian	11	Langenstein		
6	Asten	12	Mauthausen		

LUFTGÜTEKARTE: SO_3-BELASTUNG
aus: STUBENRAUCH (1976)



VERTEILUNG DER SCHWEFELWERTE IM SOMMER (a) UND IM WINTER (b)
aus: BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963)

2.6. Staubbelastung

Verkrustungen durch Staubablagerung auf oberirdische Pflanzenteile (Blattoberfläche, Thallusoberfläche) führen infolge Verringerung der Lichtdurchlässigkeit zu einer Wachstumsminderung. Indirekte Wirkungen des Staubanfluges beruhen auf einer Veränderung der Boden- bzw. der Substrateigenschaften, z.B. Änderung des pH-Wertes.

Hauptemittenten sind: Zementwerke: CaO-Staub
Düngemittelfabriken: Kalkstaub
Industrien mit Kohlefeuerung (z.B. Eisen und Stahlindustrie): SiO_2-reicher Staub

Ähnliche Substratveränderungen rufen Staubauswehungen aus Feldern hervor.

Als Immissionsgrenzwerte für nicht gefährdenden Staubniederschlag wurden festgelegt (Aus: GEMEINSAMES MINISTERIALBLATT VOM BUNDESMINISTERIUM DES INNEREN, BONN; zit. nach STUBENRAUCH, 1976):

Langzeitwert: 0,35 g/(m^2.d)
Kurzzeitwert: 0,65 g/(m^2.d)

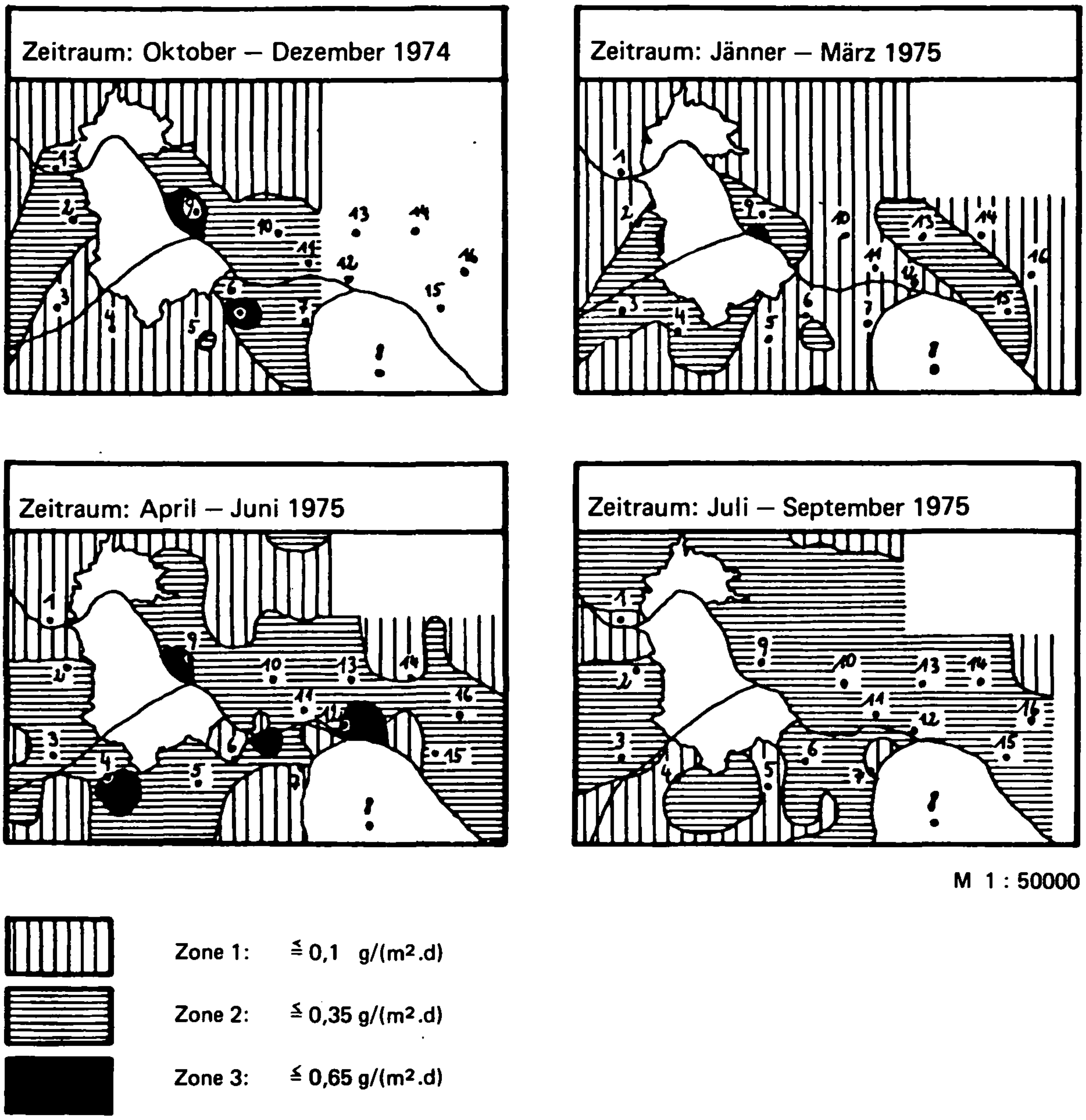
Ausmaß der Staubbelastung im Untersuchungsgebiet (Bergerhoff-Methode); Darstellung auf der nächsten Seite.

Zone 1:	$\leq$ 0,1 g/(m^2.d)	vernachlässigbare Staubbelastung
Zone 2:	$\leq$ 0,35 g(m^2.d)	geringe Belastung, Immissionsgrenzwert nicht überschritten
Zone 3:	$\leq$ 0,65 g(m^2.d)	mäßige Staubbelastung, Immissionslangzeitwert nicht überschritten
Zone 4:	$>$ 0,65 g(m^2.d)	starke Staubbelastung, Kurzzeitwert überschritten

Auch der Staubfall ist auf das Winterhalbjahr konzentriet. Eine Zone 4 ist auf den Karten nicht ausgeschieden.

Es ist aber anzunehmen, daß im Nahbereich der Industrieanlagen der Kurzzeitwert häufig überschritten wird.

Die räumliche Verteilung des Staubniederschlages ist abhängig von den Oberflächenformen, von der Größe der Staubpartikel, von der Windrichtung und von der Windstärke.



1 Puchenau
2 Leonding
3 Traun
4 Ansfelden
5 St. Florian
6 Asten
7 Enns
8 St. Valentin
9 Steyregg
10 St. Georgen
11 Langenstein
12 Mauthausen
13 Ried
14 Schwertberg
15 Naarn
16 Perg

LUFTGÜTEKARTE: STAUB-BELASTUNG
aus: STUBENRAUCH (1976)

3. FLECHTENKARTIERUNG

3.1. Aufnahmemethodik

3.1.1. Dichte und Auswahl der Aufnahmepunkte

Als Kartengrundlage dient die Österreichische Generalkarte im Maßstab 1 : 50000. Kopien für die Feldarbeit und für die Auswertung stellte das Amt der oö. Landesregierung, Abteilung für Raumordnung und Landesplanung, zur Verfügung.

Das gesamte Untersuchungsgebiet wurde in Felder von 1 km Seitenlänge (1 km^2) unterteilt. Pro km^2 (= Station) untersuchte ich den Flechtenbewuchs an drei Bäumen (= Aufnahmepunkte), meistens von zwei Birnbäumen und einem Apfelbaum.

Die Auswahl der Aufnahmepunkte erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Stammdurchmesser: bei Birnbäumen in 1,4 m Höhe mindestens 35 cm, bei Apfelbäumen mindestens 25 cm.
- Aufrecht gewachsener Stamm: Bäume mit geneigten Stämmen werden nicht berücksichtigt.
- Freistehende Bäume: die Entfernung zum nächsten Bau, zu einer Straße oder zu einem Haus beträgt mindestens 7 m.
- Keine baumpflegerischen Maßnahmen (Abkratzen der Flechten, usw.).

An 469 Stationen wurde der Flechtenbewuchs von 1252 Bäumen aufgenommen, davon 828 (66,1 %) Birnbäume und 424 (33,9 %) Apfelbäume.

3.1.2. Baumarten

Birn- und Apfelbäume erweisen sich aus mehreren Gründen als geeignete Objekte für die Flechtenuntersuchung:

- Beide Baumarten kommen zahlreich im gesamten Untersuchungsgebiet vor, auch in den Städten.
- Freistehende, oder zumindest aufgelockert stehende Bäume gestatten es, mikroklimatische Einflüsse auf den Flechtenbewuchs weitgehend auszuschalten, sodaß nur klimatische Veränderungen auf Grund der Oberflächengestaltung und Exposition zum Tragen kommen.
- Baumpflegerische Maßnahmen, wie Abkratzen der Flechten und Algenbeläge oder das Bestreichen der Stämme mit Kalkmilch sind im Untersuchungsgebiet äußerst selten. In Bauerngärten werden auch keine Fungizide und Pestizide, die eine Veränderung der Flechtenvegetation verursachen, versprüht.

3.1.2.1. Rindenbeschaffenheit

Rindenhärte, Rissigkeit, Porosität, Ablösegeschwindigkeit und Verwitterungsbeständigkeit beeinflussen direkt den Epiphytenbewuchs, wirken aber auch indirekt, indem sie die Wasserkapazität beeinflussen.

Borke	Birnbaum	Apfelbaum
abblätternd	6,5 %	76,5 %
glatt	0,5 %	43,0 %
rauh	20,9 %	25,5 %
rissig	83,9 %	8,1 %
stark staubig	5,5 %	1,0 %

RINDENBESCHAFFENHEIT DER UNTERSUCHTEN BÄUME

Die Birnbaumrinde ist relativ hart und beständig. Mit zunehmendem Alter wird sie rauh und tiefrissig. Vermorschungserscheinungen, wie sie bei Rinden älterer Bäume oft auftreten, begünstigen die Besiedlung durch Flechten und Algen, da, wie BARKMAN (1969) ausführt, eine weiche Rinde infolge ihrer höheren Porosität eine größere Wasserkapazität aufweist.

Apfelbäume haben wohl eine relativ harte, im Gegensatz zu Birnbäumen aber eine rasch abblätternde Rinde. Mit den abfallenden Schichten werden einerseits die Flechtenlager abgeworfen, andererseits erschweren die glatten Rindenstellen eine rasche Wiederbesiedlung. Mit zunehmendem Alter wird aber auch die Rinde der Apfelbäume rauh, flachrissig und morsch.

Die Oberflächenbeschaffenheit beeinflußt aber auch die Abfließgeschwindigkeit des Niederschlagswassers (GÄRTNER, 1974). Je glatter die Rinde, desto rascher ist der Wasserablauf und desto geringer der Epiphytenbewuchs.

Diese Erscheinung ist teils auf die mechanische Wirkung des Wassers zurückzuführen, doch dürften auch die durch das Wasser ausgewaschenen und in ihm gelösten Substanzen – vor allem in belasteten Gebieten –

den geringen Bewuchs verursachen. Diese Mechanismen sind sicherlich auch eine Ursache für die flechten- und algenfreien Regenstreifen auf Birnbäumen.

3.1.2.2. Chemismus der Rinde

Der Einfluß der Stickstoffversorgung auf die Entwicklung der Rindenepiphyten und Epiphytenvereine wurde oft diskutiert. GÄRTNER (1974) gibt zu dieser Problematik eine ausführliche Literaturübersicht.

Die Nährstoffversorgung aus der Borke, im Ganzen gesehen, ist im Stadtinneren weitaus besser als im Freiland (EHMKE, HAMMEL, KREEB, 1973).

Der pH-Wert charakterisiert die chemische Zusammensetzung der Rinde. Zahlreiche Faktoren können den für eine Baumart "normalen" Rinden-pH-Wert verändern.

Solche Faktoren sind:

- Staubanflug
- Gasförmige Immissionen
- Vogelexkremente
- Rindenzustand
- Rindenepiphyten (Staubanlagerung, Flechtensäuren)

3.1.2.3 Bestimmung des Rinden-pH

Durch das Untersuchungsgebiet wurden mehrere sowohl Nord-Süd verlaufende (11/53 – 11/70 und 19/57 – 19/70) als auch West-Ost verlaufende (1/57 – 20/57 und 1/65 – 30/65) Transsecte gelegt, die es ermöglichen sollten, etwaige Unterschiede im Säuregrad zwischen Bäumen im Siedlungs- und Industriegebieten und unverbautem Freiland aufzuzeigen.

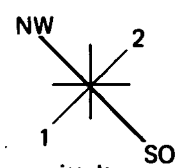
Die Rindenproben wurden in ca. 1 m Höhe um den gesamten Stamm abgelöst. Die äußeren 2 – 3 mm der Rindenstücke wurden bis zu einer Größe von ungefähr 0,5 cm^2 zerkleinert. 2 g aufbereitete Rinde wurden mit 10 ml Aqua dest. versetzt (Gewichtsverhältnis 1 : 5) und nach 24 Stunden der pH-Wert elektrometrisch bestimmt. Längere Auslaugzeiten erbrachten höchstens Unterschiede von $\pm$ 0,1 pH-Wert.

3.1.3 Flechtenaufnahme

Nur der Stammbereich zwischen 1,15 m und 1,65 m über dem Boden wurde genau untersucht. Die Stammbasis, die oft durch Anflug meist basischer Stäube von neutrophilen bis basiphilen Flechtenvereinen bevorzugt wird, kann das tatsächliche Bild der Flechtenvegetation verfälschen.

Mit Hilfe einer gerasterten Plastikfolie schätzte ich die Gesamtdeckung des Flechtenbewuchses (Angabe in %), getrennt in folgende Stammfälten:

1. NW – W – SW – S – SO
2. NW – N – NO – O – SO



Ebenso wurde die Richtung des maximalen als auch des minimalen Deckungsgrades ermittelt.

Die Deckungsgradangabe der einzelnen Flechtenarten folgt folgender Skala:

+ : unter 1 % der Gesamtfläche deckend
1 : 1 bis 5 % der Gesamtfläche deckend
2 : 6 bis 10 % der Gesamtfläche deckend
3 : 11 bis 25 % der Gesamtfläche deckend
4 : 26 bis 50 % der Gesamtfläche deckend
5 : über 50 % der Gesamtfläche deckend

Außerdem wurden Angaben zur Vitalität nach folgendem Schema gemacht:

+ : guter Vitalitätszustand; normale Wuchsform, Thalli fruchtend, gute Zuwachsrate
0 : eingeschränkter Vitalitätszustand; äußere Thallusschäden nicht sichtbar, abnorme Thallusformen, nicht oder ganz selten fruchtend, vermindertes Wachstum
– : schlechter Vitalitätszustand; äußere Schäden sichtbar, verfärbte, teilweise abgestorbene Thallusstücke, Thalli von Algen überwuchtert

Zur besseren Übersichtlichkeit und zur Rationalisierung der Aufnahmetätigkeit und der Auswertearbeit verwendete ich für je eine Station (drei Bäume) folgenden Vordruck.

STATION / DATUM

BORKE	1	2	3	1 ART			2 ART			3 ART			1
abblä				SH	U		SH	U		SH	U		
glatt				DECKUNG			DECKUNG			DECKUNG			
riss				NW / SO	max	min	NW / SO	max	min	NW / SO	max	min	2
rauh													
algen				BEMERK	Entf	R	BEMERK	Entf	R	BEMERK	Entf	R	
				Straße			Straße			Straße			3
				Haus			Haus			Haus			
				Wald			Wald			Wald			

ARTEN	D	V			D	V			D	V			Q	FØ	Q.F
Clad fimbr															
Alect pos															
Usnea hirta															
Ram pollin															
Psevern fur															
Evern prun															
Hypog phys															
Par caperat															
– flavent															
– scortea															
– sulcata															
– subrude															
– exasper															
– fuligin															
– subarge															
– subauri															
Phy orbicul															
– ascende															
– tenella															
– stellar															
– aipolia															
– grisea															
Phcon pulve															
– enterox															
Xanth parie															
– fallax															
– candela															
– polycar															
Ca'la xanth															
Cand concol															
Pert alba															
– globuli															
– coralli															
Lec subfus															
– carpine															
– chlarot															
– symmict															
– saligna															
– hageni															
– subrugo															
Lecid eupho															
– elaeoch															
– scalari															
Buell punct															

$I A P = \sum Q.F =$

3.2. Auswertung

3.2.1. Qualitative Auswertung

3.2.1.1. Methode

Autoren, deren Untersuchungen auf genauen floristischen Analysen beruhen (HAUGSJA, 1930, BESCHEL, 1958, BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963, SKYE, 1968) bedienen sich der qualitativen Methode.

Die Feststellung NYLANDERS, die Mehrzahl der Flechten meide die Städte, führt bereits am Anfang dieses Jahrhunderts zur Erstellung von "Flechtenzonen". SERNANDER (zit. nach BESCHEL, 1958) unterscheidet eine Normalzone, eine Kampfzone und eine Flechtenwüste. Diesen drei Flechtenzonen fügt BESCHEL (1958) noch zwei weitere dazu; die fünf Zonen werden nach ihm so charakterisiert:

Zone 1 (Normalzone): ist die durch Abgase und Siedlungen nicht beeinflußte Zone. Es dominieren oxyphile Flechtenvereine. Die Besiedlung der Phorophyten entspricht dem natürlichen, auf Grund des Klimas und der Standortfaktoren zu erwartenden Flechtenbewuchs.

Zone 2 (äußere Kampfzone): der leicht beeinflußte Bereich innerhalb der Normalzone. Auf sauren Borken sind noch oxyphile Vereine ausgebildet, auf etwas neutraleren Borken kommen subneutrophile Flechtenarten dazu.

Zone 3 (mittlere Kampfzone): neutrophile Vereine beherrschen das Bild.

Zone 4 (innere Kampfzone): die neutrophilen Vereine verarmen deutlich. Saure Nadelholzborken werden nur mehr ganz selten besiedelt. Häufig bedecken Staub und Ruß die Flechtenhalli.

Zone 5 (Flechtenwüste, von EHRENDORFER, MAURER u. KARL (1971) als Leerzone bezeichnet): Epiphloedrische Flechten kommen nicht mehr vor. Weit verbreitet sind Algenbeläge (Apatococcus, Desmococcus, etc.)

BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) legen die geschilderte Zoneneinteilung der Auswertung ihrer Untersuchung der Flechtenvegetation im Großraum Linz zugrunde. Um die heutige Situation aufzeigen zu können, wurde versucht, das Aufnahmematerial in ähnlicher Weise auszuwerten. Ein grundlegender Unterschied, der einen direkten Vergleich der Ergebnisse nur bedingt erlaubt, liegt in der Auswahl des Substrates. BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) untersuchen nicht bestimmte Baumarten. Meine Untersuchungen beschränken sich auf Birn- und Apfelbäume, um ein einigermaßen gleiches Substrat zu gewährleisten.

Nicht alle von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) ausgeschiedenen und für eine bestimmte Zone charakteristischen Flechtenarten bewachsen die ausgewählten Baumarten. Die Zonengrenzen entsprechen den inneren Verbreitungsgrenzen der Arten.

3.2.1.2. Zonenbegrenzende Arten

Als zonenbegrenzende Arten kommen nur solche in Frage, die im Untersuchungsgebiet häufig und gleichmäßig verbreitet auftreten. Die Auswahl der Arten richtet sich daher hauptsächlich nach der natürlichen Verbreitung. So kommt es, daß bei vielen bisher durchgeführten Untersuchungen jeweils verschiedene Arten als zonenbegrenzend gelten, die Ergebnisse daher nicht unmittelbar vergleichbar sind. Folgender Vergleich zwischen Linz und Graz macht das deutlich.

	Graz EHRENDORFER, MAURER, KARL (1971)	Linz BORTENSCHLAGER und SCHMIDT (1963)	oö. Zentralraum vorliegende Untersuchung
Zone 1	Pseudevernia furfuracea Hypogymnia physodes Platismatia glauca Alectoria jubata	Hypogymnia physodes	Pseudevernia furfuracea Hypogymnia physodes Evernia prunastri
Zone 2	Cetraria pinastri Parmeliopsis ambigua Physcia stellaris Lecidea scalaris Parmelia scortea Evernia prunastri Parmelia fuliginosa Parmelia saxatilis Parmelia caperata	Evernia prunastri	Ramalina pollinaria Parmelia scortea Parmelia subrudecta
Zone 3	Xanthoria parietina Parmelia sulcata Physcia ascendens Physcia orbicularis	Xanthoria parietina	Xanthoria parietina Parmelia exasperatula
Zone 4	Physcia ascendens Physcia orbicularis Parmelia sulcata	Physcia orbicularis Parmelia sulcata	Parmelia sulcata Physcia orbicularis
Zone 5	Lecanora hageni		Buellia punctata

DIE ZONENBEGRENZENDEN ARTEN IM RAUM GRAZ, LINZ UND IM OÖ. ZENTRALRAUM

Einige in Graz kartierte Arten, vor allem solche aus den Zonen 1 und 2 (Platismatia.glauca, Cetraria pinastri, Parmeliopsis ambigua, Parmelia saxatilis) kommen auf meinen Trägerbäumen nicht vor.

3.2.2. Quantitative Auswertung

3.2.2.1 IAP-Methode

Der Vorteil dieser Methode besteht darin, für den Flechtenbewuchs, daher auch indirekt für den Grad der Luftverunreinigung einen numerischen Ausdruck zu erhalten.
Für jede Station wird der sogenannte Luftreinheitsindex (IAP = Index of Atmospheric Purity) ermittelt. LeBLANC u. DeSLOOVER (1970) verwenden dazu die Formel:

$$IAP = \frac{1}{n} \frac{(Q \cdot f)}{10}$$

n = Artenanzahl pro Station
Q = Ökologischer Index: Dieser Index ist für jede Art eine unveränderliche Größe und gibt an, mit wievielen Begleitarten sie im Untersuchungsgebiet im Durchschnitt vorkommt.
f = ist ein Ausdruck für den Deckungsgrad, die Vitalität und die Frequenz jeder vorkommenden Art in jeder Station. Der f-Wert ist eine variable Größe und ändert sich nach den Lebensbedingungen, die eine Flechtenart von Station zu Station vorfindet.

KIRSCHBAUM et al. (1974) ändern die Formel ab:

$$IAP = (Q \cdot f)$$

Sie vernachlässigen den Faktor $\frac{1}{n}$, da bei einer großen Artenanzahl der IAP künstlich erniedrigt wird, ist doch das Auftreten vieler Flechtenarten in einer Station ein Zeichen für gute Wachstumsbedingungen. Ebenfalls verzichten sie auf die Division des Gesamtergebnisses durch den Faktor 10.

Die von KIRSCHBAUM et al. (1974) abgewandelte Formel für die Berechnung des IAP übernehme ich für die Auswertung.

3.2.2.1.1. Q-Wert-Toxitoleranzwert

Q-Wert: Die Summe aller Begleitarten an allen Bäumen, an denen die zu beobachtende Flechte vorkommt, dividiert durch die Anzahl der Bäume, an denen sie vorkommt. Der ökologische Index ist für jede Art eine unveränderliche Größe.

Ist der Q-Wert einer Art niedriger, so bedeutet dies, daß sie auch dort noch zu gedeihen vermag, wo andere Arten bereits abgestorben sind. Dies erlaubt eine Aussage über die Toxitoleranz der betreffenden Art (KIRSCHBAUM et al., 1974). Der ökologische Index hat also die Bedeutung eines Toxitoleranzwertes.

SCHMIDT (1973) wendet gegen die Gewichtung des ökologischen Index als Toxitoleranzwert ein, daß bestimmte Arten von Natur aus in ganz verschiedenen Frequenzen auftreten. Ausschlaggebend dafür sind uneinheitliche Mikrostandorte und nicht immer Immissionen.

Diesem Einwand begegne ich durch die Wahl eines möglichst einheitlichen Substrates (Birn- und Apfelbäume). Weiters beziehe ich nur freistehende Bäume in die Untersuchung ein, um eine gegenseitige Beeinflussung der Feuchtigkeit, der Beschattung und des Windes auszuschließen. Die Berücksichtigung von Bäumen mit ähnlichem Stammumfang und einer bestimmten Altersgruppe gewährleistet auch eine einheitliche Borkenbeschaffenheit, sowohl in physikalischer als auch in chemischer Hinsicht.

3.2.2.1.2. f-Wert: Dieser Wert stellt einen Kombinationswert aus Frequenz, Deckungsgrad und Vitalität dar. Er ist eine variable Größe und ist je nach Lebensbedingungen, die eine Flechtenart an den Stationen vorfindet, veränderbar. Hohe f-Werte geben einen großen Deckungsgrad, gute Vitalität und eine hohe Frequenz (an vielen Bäumen einer Station vorkommend) wieder.

Die f-Werte sind folgendermaßen in fünf Stufen aufgeschlüsselt:

Anzahl der Bäume pro Station mit der zu untersuchenden Art (Frequenz)		1	2	3
f-Werte	generell	1	2	4
	Vitalität überall +	1	3	4
	Deckungsgrad über 25 %	2	3	5

3.2.2.2. IAP-Zonierung

Der IAP-Wert ergibt sich schließlich aus der Multiplikation der Q-Werte mit den dazugehörigen f-Werten aller Arten einer Station und der Summierung aller so erhaltenen Produkte. Die errechneten IAP-Werte werden in fünf Gruppen unterteilt. Jede Gruppe entspricht dabei einem bestimmten Belastungsgrad. Mit steigenden IAP-Werten nimmt der Belastungsgrad ab. Dabei werden für die Abstufung größerer IAP-Intervalle genommen als bei anderen, etwa gleichartigen Untersuchungen (vgl. KIRSCHBAUM et al., 1974,

DJALALI, 1974), da der Großraum Linz etwas günstigere klimatische Bedingungen für den Flechtenbewuchs bietet, als die Untersuchungsgebiete der oben genannten Autoren.

Im Unterschied zu anderen Arbeiten weisen die fünf Gruppen gleichgroße IAP-Intervalle auf.

IAP-Wert	Zone	Belastungsgrad
1 – 69	5	sehr hoch
70 – 139	4	hoch
140 – 209	3	mittelmäßig
210 – 279	2	gering
über 280	1	nicht feststellbar

Räume mit ähnlichen IAP-Werten werden bei der kartographischen Darstellung zu Zonen zusammengefaßt; diese entsprechen den fünf Gruppen.

3.3. Ergebnisse

3.3.1 Qualitative Methode

3.3.1.1. *Karthographische Darstellung*

Die im Anhang zu findende Karte wurde nach den unter 3.2.1. angeführten Richtlinien angefertigt. Sie zeigt die auf Grund der Verbreitung der zonenbegrenzenden Flechten ermittelten Zonen. Die Verbreitungskarten dieser Arten sind in Kapitel 4 zu finden.

3.3.1.2. Beschreibung der Zonen

Zone 1: Zur Flechtenzone mit normaler, ungestörter Flechtenvegetation zählen vor allem die höher gelegenen Bereiche des Untersuchungsgebietes. Verhältnismäßig nahe rückt sie daher im Nordwesten von Urfahr an das Linzer Stadtgebiet heran. An den dem Industriegebiet abgeneigten Hängen des Pfenningberges tritt ein überraschend schneller Übergang zur optimalen Zone ein. Zungenförmige Streifen greifen immer wieder gegen die Donauniederung über, jedoch sind sie auf mehr oder weniger hochgelegene, zum Teil bewaldete Bereiche beschränkt. So beispielsweise am Hohenstein mit angrenzenden Weiden und Feldern (16/54 – 14/57), die ungefähr zwischen 380 und 340 m hochgelegenen Stationen 18/56, 17/65 und 17/57. Östlich des Beckens von Lungitz erstreckt sich eine durchgehende Zone bis nördlich von Perg. Die Grenze zur Zone 2 folgt deutlich dem steil einfallenden Südrand der Böhmischen Masse. Unbeeinträchtigter Flechtenbewuchs ist inselförmig in der Nähe des ehemaligen Konzentrationslagers Mauthausen zu finden (21/61). Südlich der Donau erreicht eine Insel bei Holzheim (3/56) die Stadtnähe, ist aber durch den dazwischenliegenden Freinberg nicht dem direkten Stadteinfluß ausgesetzt. Die größte Ausdehnung hat die Normalzone aber auf der Traun-Enns-Platte, die das restliche Untersuchungsgebiet um 40 – 60 m deutlich überragt. Aus den in die Traun-Enns-Platte eingesenkten Talniederungen weicht die Normalzone zurück, etwa bei St. Florian und bei Tödling (11/64). Im intensiv genutzten, waldfreien Ackerbaugebiet am Ostrand der Traun-Enns-Platte ist nur eine schmale Flechtennormalzone ausgebildet. Kleine Inseln mit ungeschädigtem Flechtenbewuchs liegen im Nordosten von Enns und westlich von St. Pantaleon.

Zone 2: Diese Zone scheint bereits von den verbauten Siedlungsbereichen beeinflußt zu sein, jedoch dringt sie nie in diese ein. Zum Großteil verläuft sie als ein ungefähr 1 km breiter Streifen innerhalb der Normalzone. Am Nordabfall des Pfenningberges ist sie nur als schmaler Gürtel ausgebildet. Östlich davon, in einem Gebiet landwirtschaftlicher Kulturflächen, das von kleinen Wäldern aufgelockert ist, erfährt sie eine flächige Ausbreitung. Anschließend verschmälert sie sich zu einem dünnen Band. Perg klammert sie aus. Die Umrahmung der Normalzone bei Holzheim setzt sich zungenförmig nach Süden bis Leonding fort. Ein Streifen begrenzt den West- und Nordrand der Traun-Enns-Platte, ohne jedoch kleinere Orte einzuschließen. Einen großen Bogen macht sie um die Nettingsdorfer Industrieanlagen. Ähnlich wie nördlich der Donau hat die äußere Kampfzone am Ostrand der Traun-Enns-Platte eine flächige Ausdehnung in einem beinahe waldfreien Ackerbaugebiet. In die nach innen zu folgende mittlere Kampfzone sind einige kleine Flächen mit noch wenig gestörtem Flechtenbewuchs eingestreut, so etwa südlich von Perg, weiters etwa 3 km östlich von Mauthausen (26/62). Im Nordosten von Enns ist die äußere Kampfzone verhältnismäßig gut ausgebildet. Auf niederösterreichischen Landesgebiet sind auch kleinere Inseln anzutreffen. Gemeinsam ist diesen in der Zone 3 liegenden Kleinflächen die geringe Seehöhe von ca. 250 – 260 m.

Zone 3: Die mittlere Kampfzone dehnt sich über weite Teile des Untersuchungsgebietes aus. Größtenteils ist sie in den Niederungen und den sachten Randerhebungen der weiten Täler ausgebildet. Um Linz dringt sie bereits in die locker oder erst vor kurzem verbauten Siedlungsbereiche ein. Sie kommt im Westen bis an den Rand des Bauernberges an das Zentrum heran. Nördlich der Donau zieht sie streifenförmig in fast gleicher Höhe wie am Bauernberg am Fuß des Pöstlingberges vorbei zum Petrinum. Harbach und den stadtnahen Teil Grünbergs spart sie aus. Östlich der Autobahnbrücke überschreitet sie kleinräumig die Donau, verläuft weiter außerhalb von Dornach und Katzbach, in schmaler Ausbildung über den Pfenningberggipfel bis Pulgarn und

weiter über Abwinden nach St. Georgen. Im Lungitzer Becken "verdrängt" sie die anspruchsvolleren Flechtenzonen. Bei Langenstein gewinnt sie rasch an Raum und erstreckt sich im östlich davon anschließenden Teil des Arbeitsgebietes über die Austufe und die Niederterrasse.

Ausgespart bleiben hier einesteils nur die schon erwähnten Vorkommen der Zone 1 und 2, andernteils kleine Inseln der inneren Kampfzone bei Mauthausen und östlich der Zuckerfabrik Enns bis zum Ennser Stadtzentrum. Von Asten ausgehend zieht ein Ausläufer dem Ipftal folgend über die Glockengießerei zum Markt St. Florian. Keilförmig stößt die Zone 3 bis nahe an die Flechtenwüste beim Weikerlsee heran.

Die Innengrenze verläuft außerhalb von Pichling vorbei durch Ebelsberg zur Schörgenhub und folgt dem Rand der Traunauen bis St. Dionysen. Sie klammert die Stadt Traun aus. Von der Trauner-Kreuzung entspricht ihr Verlauf ungefähr dem der Salzburger Straße. Bei Wegscheid biegt sie nach Norden um und erreicht schließlich wieder den Bauernberg. Südlich von St. Martin dehnt sich diese Zone weit aus. Über die Orte Haid und Ansfelden reicht eine Zunge nach Süden bis Nettingsdorf. Hier dürfte für das Ausbleiben der anspruchsvollen Flechtenarten wohl die Papierindustrie verantwortlich sein. Die Bäume im unverbauten oder locker verbauten Gebiet westlich von Linz (St. Isidor, Gaumberg, Bergham) sind auch von den für diese Zone charakteristischen Flechten bewachsen. Auch am Ostrand des Kürnberger Waldes sind keine anspruchsvolleren Flechten zu finden.

Zone 4: Es handelt sich um die Zone der dicht verbauten Randbezirke der Landeshauptstadt.
Im Westen beginnend, fällt die Insel bei Puchenau auf. Von diesem begrenzten Auftreten getrennt beginnt zwei Kilometer östlich davon ein rund um das Zentrum verlaufender Ring mit stark in Mitleidenschaft gezogener, artenarmer Flechtenvegetation. Die innere Kampfzone schließt den Stadtteil Urfahr und Harbach ein. Östlich davon erfährt sie, nachdem sie nächst der Autobahnbrücke über die Donau sehr eingeengt wurde, eine breite Entwicklung im Verlauf des Südabfalles des Mühlviertels bei Plesching und beim Pfenningberg. Die flächenhafte Ausdehnung im Donautal bis Gusen und über Asten zurück bis zum Weikerlsee läßt auf den Einfluß der Industrie am Ausgang des Linzer Beckens schließen. Als relativ schmaler Streifen verläuft sie im Westen – zum Unterschied vom Osten – über Kleinmünchen, Bindermichl zum Linzer Schloß. Westlich von Kleinmünchen zweigt ein Ast, der bis Traun reicht, nach Südwesten ab. Wie schon erwähnt, ist auch bei Enns und Mauthausen die Flechtenvegetation recht kümmerlich entwickelt.

Zone 5: Die Leerzone umfaßt das gesamte Stadtzentrum, die großen Industriebereiche und den Fuß des Pfenningberges bis zu einer Höhe von 380 m. Bei Steyregg fällt ihre Höhengrenze bis auf 250 m. Eine Ausstülpung reicht nach Osten bis zum Luftenberg. Der Westrand der Flechtenwüste entspricht ziemlich genau der Grenze zwischen Hoch- und Niederterrasse. Bei Traun (2/63) und Wegscheid (5/62) liegen, eingeschlossen von der Zone 4, zwei kleinere "Flechtenwüsten".

	Fläche in km^2	Prozent der Gesamtfläche
Zone 1	85	17,5
Zone 2	102	21,0
Zone 3	207	42,0
Zone 4	68	14,0
Zone 5	28	5,5

ANTEIL DER EINZELNEN FLECHTENZONEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

3.3.1.3. Vergleich mit den Aufnahmeergebnissen von 1963

Das von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) kartierte Gebiet beschränkt sich auf die weitere Umgebung von Linz. Die Ostgrenze verläuft bei St. Georgen. Die derzeitige Situation der Flechtenvegetation ist mit der damaligen nur im westlichen Abschnitt meines Untersuchungsgebietes vergleichbar.

Ein direkter Vergleich der Ergebnisse ist nicht möglich:

1. Ich ziehe für die Flechtenkartierung nur den Stammabschnitt zwischen 1,15 und 1,65 cm über dem Boden heran. In der Arbeit von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) ist kein derartiger Hinweis zu finden, woraus ich schließe, daß sie wie BESCHEL (1958) den Stammbereich vom Boden bis ca. 2 m Höhe untersuchten.
2. Durch die Beschränkung auf die bereits erwähnten zwei Baumarten erfasse ich nicht die tatsächliche Verbreitung der Flechtenarten. Die zonenbegrenzenden Flechten reichen auf einer weniger sauer reagierenden Borke näher an Emittenten oder Siedlungen heran. Für eine Aussage ist aber ein einheitliches Substrat meines Erachtens von größter Wichtigkeit.

Die enorme Ausdehnung der Flechtenwüste in der neuerlichen Auswertung geht wohl zum kleineren Teil auf die Substratverschiedenheit zurück. In erster Linie ist der Zuwachs auf die andauernde Expansion der Industriebetriebe und des Siedlungsbereiches zurückzuführen. Den geringsten Zuwachs hat diese Zone im Norden und im Westen erfahren. Das Areal der Chemie-Linz AG. und des Hafens, 1963 noch Zone 4, in ihr sogar noch

eine Zone 3, ist jetzt Leerzone. Selbst der kleine, flechtenfreie Hang bei Obenbergen wurde der großen Flechtenwüste einverleibt. Zone 5 reicht heute genau so weit nach Osten, wie vor 13 Jahren die mittlere Kampfzone.

Auffällig ist die starke Ausdehnung der inneren Kampfzone seit der ersten Aufnahme, vor allem die Ausstülpung nach Traun, wo jetzt sogar kleine Bereiche der Zone 5 anzutreffen sind. Die breite Zone 4 nördlich der Donau drückt heute die Grenze zwischen mittlerer und äußerer Kampfzone bis zum Gipfel des Pfenningberges hinauf. Das Ausmaß der Zone 3 wurde zugunsten der Zone 4 stark eingeschränkt. Bemerkenswert jedoch ist die nach wie vor vorhandene mittlere Kampfzone bei Nettingsdorf. Hier dürfte der Flechtenbewuchs nicht weiter verarmt sein, da die Immissionsbelastung durch die Papierindustrie nicht gestiegen ist; auch das Wohngebiet wurde hier nicht wesentlich ausgeweitet.

Den von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT beschriebenen Tunneleffekt – entlang von Ausfallstraßen reichen neutrophile Flechtenvereine in die von oxyphilen Arten beherrschten Normalzone, sodaß der Verlauf der Flechtenzone ein sternförmiges Bild ergibt – konnte ich nicht nachweisen, wahrscheinlich deshalb, weil Bäume am Straßenrand nicht in die Untersuchung einbezogen wurden. Auch scheint mir das Netz der Aufnahmepunkte für eine solche räumlich begrenzte Erscheinung zu locker zu sein. Die beiden Karten zeigen große Abweichungen im Verlauf der Innengrenze der Normalzone, hauptsächlich im Bereich der Traun-Enns-Platte, aber auch nördlich des Pfenningberggipfels. BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT nahmen in der Normalzone den Flechtenbewuchs größtenteils auf Fichten auf, wo die Flechtenvegetation schon auf geringe Belastungen sehr deutlich reagiert. Auf Birn- und Apfelbäumen erfolgt eine Reaktion viel später. Daher überschreitet die Zonengrenze in der von mir entworfenen Karte jene von 1963. Dies dürfte auch die Ursache für das Fehlen der inselförmigen Normalzone bei Holzheim sein (Karte von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963, im Anhang).

Durch die Wahl verschiedener Baumarten ist der direkte Vergleich der Flechtenzonen beider Arbeiten schwierig. Dennoch ist sicher anzunehmen, daß das Ausmaß der Luftverunreinigung stark zugenommen hat, wie aus der negativen Verschiebung der Zonengrenzen zu entnehmen ist. Nur bei Nettingsdorf, wo die Papierfabrik ein alleinstehender Emittent ist, hat sich die Qualität des Flechtenbewuchses nicht verändert.

3.3.2. IAP-Methode

3.3.2.1. *Kartographische Darstellung*

Nach den unter 3.2.2.2. für die fünf Zonen angeführten IAP-Bereiche wurde die Karte gezeichnet (Karte im Anhang). Dabei ist zu beobachten, daß die einzelnen Zonen nicht scharf voneinander zu trennen sind, sondern es besteht ein fließender Übergang. Häufig ist es wegen des raschen Wechsels von orographischen Gegebenheiten schwierig, die Zonengrenzen richtig zu legen. Vor allem die Grenzen zwischen unbelasteten, gering belasteten und mittel belasteten Zonen fallen oft auf engem Raum zusammen.

3.3.2.2. Beschreibung der Zonen

Die flechtenreiche, nicht belastete Zone 1 ist großflächig auf die etwas höher gelegene Traun-Enns-Platte südlich der Donau und nördlich der Donau auf das Gebiet im Norden des Pfenningberges (Steyregger Wald) beschränkt. Kleinräumig kommen IAP-Werte über 280 in Stationen nördlich des Pöstlingberges, nördlich von Perg und am gegen Osten zu ansteigenden Südostrand des Arbeitsgebietes vor. Stellenweise durchsetzen Inseln mit unbeeinflußter Flechtenvegetation belastete Bereiche, beispielsweise bei Allharting (2/57, 2/58) am Zirnberg bei Nettingsdorf (4/68), zwischen Wambach und dem Schlößlwald südöstlich von Ebelsberg, bei Raffelstetten (13/62, 14/63), die Stationen 21/60, 21/61 und 22/61, ebenso von Nordwesten nach Südosten verlaufende, zungenförmige Flächen bei Viehart, Stögen und Pyburg.

Weit ausgedehnt ist die Zone 2. Ihr Flechtenbewuchs erscheint bereits gering belastet, sowohl was die Vitalität als auch die Artenanzahl betrifft. Im Norden und Süden ist sie als Streifen von wechselnder Breite ausgebildet. Im südwestlichen Abschnitt und östlich von Pichling erfährt sie eine größere Ausdehnung, hauptsächlich in der mittleren Höhenstufe, aber auch in Tallagen mit landwirtschaftlicher Nutzung; hier jedoch in verhältnismäßig großer Entfernung von Siedlungs- und Industriebereichen.

Die Zonen 3 bis 5 sind zumeist in den Tallagen ausgebildet.

Die den mittleren Belastungsgrad anzeigende Zone 3 zieht bandförmig an den der Stadt zugeneigten Hängen des Linzer Beckenrandes entlang. Am Pfenningberggipfel keilt sie aus, östlich davon verbreitert sie sich rasch wieder. Östlich von Pichling verläuft die Zone 3 im Bereich der wichtigen Verkehrswege (Westautobahn, Bundesstraße 1, Westbahn), teilt sich bei Enns in zwei Äste, von denen der eine über Mauthausen nach Perg zieht, der andere Rems nach Straß. Mittelgroße Orte wie St. Florian, St. Valentin, Schwertberg, Perg und Nettingsdorf haben einen dieser Zone entsprechenden Flechtenbewuchs.

Die Zone 4 folgt dem dicht besiedelten Gebiet von Traun bis Kleinmünchen, liegt ringförmig um die Zone 5, steigt bis zum Pfenningberggipfel hinauf und erreicht im Osten den Luftenberg, südlich davon den Pichlinger See und Tödling. In zungenförmiger Ausbildung kann sie bei Enns, Mauthausen und im Lungitzer Becken festgestellt werden.

Die Zone 5 umfaßt im Raum Linz eine geschlossene Fläche von ca. 28 km^2 und kleinere Flächen bei Traun, St. Martin, Wegscheid und Kleinmünchen, ferner eine kleine Insel bei Lungitz.

	Fläche in km^2	Prozent der Gesamtfläche
Zone 1	110	22,5
Zone 2	148	30,0
Zone 3	137	28,0
Zone 4	63	13,0
Zone 5	32	6,5

ANTEIL DER EINZELNEN IAP-ZONEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Den flächenmäßig größten Anteil haben die gering bis mittel belasteten Gebiete. In einem Fünftel ist die Flechtenvegetation sehr stark geschädigt, oft ist sie bereits ganz erloschen.

3.3.3. Artenliste der beobachteten Flechten

In der folgenden Zusammenstellung sind sämtliche Flechtenarten mit Angaben über die Häufigkeit ihres Auftretens angeführt. Geordnet sind sie nach abnehmendem Q-Wert (durchschnittliche Begleitartenanzahl), also nach zunehmender Toxitoleranz. Soweit vorhanden, sind auch die Werte der Poleophobie aus der zwölfteiligen Skala nach BARKMAN (1969) angegeben.

Arten	B	St	Q	r.H.	P	Z	V
Anaptychia ciliaris	1	1	17,0	1,0	9		
Lecanora umbrina	1	1	16,0	1,0			
Acrocordia alba	1	1	11,0	1,0			
Parmelia acetabulum	13	12	10,9	1,08	7		
Parmelia caperata	47	42	10,7	1,12	8		x
Lecanora subrugosa	42	42	10,6	1,0			
Xanthoria polycarpa	17	16	10,5	1,06	7		
Parmelia subaurifera	37	35	10,4	1,06			
Usnea hirta	3	3	10,3	1,0	9		
Physcia stellaris	50	44	10,3	1,14			
Xanthoria candelaria	36	36	10,3	1,0	5		
Pseudevernia furfuracea	27	25	10,2	1,08	9	1	x
Caloplaca cerina	5	5	10,2	1,0			
Parmelia fuliginosa	73	54	10,1	1,35			
Evernia prunastri	196	148	10,1	1,32	8	1	x
Lecidea scalaris	8	8	10,0	1,0			
Phlyctis argena	5	5	10,0	1,0			
Buellia griseovirens	1	1	10,0	1,0			
Lecanora symmicta	9	9	9,9	1,0			
Ramalina pollinaria	261	198	9,6	1,32		2	x
Parmelia flaventior	308	223	9,6	1,38			x
Lecanora subfuscata	108	98	9,5	1,1			
Parmelia subrudecta	283	207	9,4	1,37	5	2	x
Physconia pulverulenta	73	66	9,4	1,11	8		
Hypogymnia physodes	203	153	9,4	1,33	6	1	x
Parmelia scortea	372	231	9,4	1,61		2	x
Lecanora carpinea	38	37	9,4	1,03			
Cladonia fimbriata	120	103	9,3	1,17			
Parmelia subargentifera	121	109	9,3	1,11			
Physconia enteroxantha	207	160	9,1	1,29			

Fortsetzung nächste Seite

Arten	B	St	Q	r.H.	P	Z	V
Physconia farrea	10	10	9,1	1,0			
Pertusaria albescens var. corallina	80	73	9,0	1,1			
Physconia grisea	101	87	8,9	1,16	4		
Lecidea elaeochroma	87	79	8,8	1,1			
Parmelia exasperatula	307	231	8,7	1,33		3	x
Pertusaria albescens var. albescens	80	73	8,6	1,1			
Lecidea chlarotera	15	15	8,6	1,0	3		
Pertusaria albescens var. globulifera	254	159	8,4	1,6	5		
Lecidea euphorea	539	333	8,4	1,62			
Candelaria concolor	201	171	8,2	1,18			
Lepraria sp.	392	245	7,8	1,6			
Physcia tenella	292	223	7,7	1,31	4		
Parmelia sulcata	721	365	7,6	1,98	5	4	x
Xanthoria parietina	533	299	7,6	1,78	6	3	x
Lecanora saligna	48	48	7,6	1,02			
Candelariella xanthostigma	963	407	7,4	2,37			x
Physcia aipolia	91	81	7,3	1,12	8		
Physcia ascendens	545	333	7,2	1,64	5		
Physcia orbicularis	1079	430	7,1	2,51	5	4	x
Buellia punctata	656	373	7,1	1,76	3	(5)	x
Xanthoria fallax	4	4	7,0	1,0			
Cladonia pyxidata	2	2	7,0	1,0			
Lecanora hageni	13	12	5,9	1,08			
Normandina pulchella	3	3	5,3	1,0			
Arthonia radiata	1	1	4,0	1,0			

B = Bäume
St = Stationen
Q = Q-Wert
r.H. = relative Häufigkeit

P = Poleophobie
Z = zonenbegrenzende Art
V = Verbreitungskarte (Kap. 4)

ARTENLISTE DER BEOBACHTETEN FLECHTEN

Der Q-Wert hat natürlich nur für eine Art mit relativ häufigem Vorkommen (an mindestens 70 der 1252 untersuchten Bäume auftretend) eine Aussagekraft. Es ist dies bei etwa 30 Arten der Fall.

Ob es sich bei den Arten mittlerer Häufigkeit um Ökologische Durchläufer handelt, oder ob sie in einem gewissen Gebiet häufig auftreten, kann bei einer gemeinsamen Betrachtung des Q-Wertes mit dem Verhältnis

$$\frac{n_B}{n_{St}} = \frac{\text{Anzahl der Bäume mit der bestimmten Art}}{\text{Anzahl der Stationen mit der bestimmten Art}}$$

ersehen werden.

Ein Beispiel möge dies erläutern:

Parmelia scortea kommt im gesamten Untersuchungsgebiet auf 372 Bäumen in 231 Stationen, also pro Station auf durchschnittlich 1,61 Bäumen vor. Faßt man den relativ hohen Q-Wert von 9,4 (= geringe Toxitoleranz) ins Auge, so liegt der Schluß nahe, die Stationen mit Parmelia scortea liegen schwerpunktmäßig in einem flechtenreichen (unbelasteten) Gebiet.

Physcia orbicularis, Parmelia sulcata, Candelariella xanthostigma und Buellia punctata kommen in über 75 % der Stationen vor. Vermutlich sind sie auf Birn- und Apfelbäumen imstande, außer in unbelasteten Gebieten auch in belasteten zu siedeln (die Verbreitungskarten beweisen es). Sie haben daher auch einen niedrigeren Q-Wert. Arten, die sich so verhalten, bezeichne ich als Ökologische Durchläufer.

Die erwähnten Fakten sollten auch bei der Auswahl charakteristischer Flechten für eine auf wenige Arten beschränkte Kartierung berücksichtigt werden.

Gering toxitolerante (anspruchsvolle) Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt sind nur für nicht oder nur

wenig belasteter Zonen geeignet. Zur Ausscheidung flechtenarmer, belasteter Zonen können sowohl anspruchslose Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt in diesem Bereich oder Ökologische Durchläufer verwendet werden.

Die Auswahl geeigneter Arten für die qualitative Auswertung wurde auf diese Weise bestätigt.

3.3.4. Vergleich der beiden Auswertungen

Obwohl die Zonierung und damit auch die Erstreckung der gering bis stark belasteten Gebiete teilweise gut übereinstimmen, bestehen doch markante Unterschiede in der Aussagekraft beider Karten.

Bei der qualitativen Auswertungsmethode wurden die Flechtenzonen auf Grund der Verbreitung bestimmter Arten ermittelt. Jede dieser Arten stellt für ihr optimales Gedeihen ganz bestimmter Ansprüche an das Substrat und die Luftqualität. Die Frage ist nun: Unterscheiden sich die Flechtenarten in ihren Ansprüchen und in der Resistenz gegen Luftverunreinigungen in der Art, daß sie als Indikatoren für bestimmte Bedingungen verwendbar sind? Die zonenbegrenzenden Arten werden also als Indikatoren betrachtet, wobei jede Spezies zwar für verschiedene, aber gleich große "Meßbereiche" charakteristisch ist. Nur dann können die Flechtenzonen als gleichwertig betrachtet werden.

Aus mehreren Gründen ist im Untersuchungsgebiet die Beschränkung auf wenige Arten zur Charakterisierung der Belastungsintensität nicht möglich:

1. Der unterschiedliche geologische Untergrund verursacht einen qualitativ verschiedenen Flechtenbewuchs (unterschiedliche Artzusammensetzung). Im Bereich der Böhmischen Masse treten azidophile Arten, z.B. Hypogymnia physodes, häufig auf. Xanthoria parietina fällt hier fast gänzlich aus. Im südlich der Donau gelegenen Teil können von vorne herein wegen des neutralen Untergrundes neutrophile Flechtenvereine erwartet werden.

2. Auch die verschiedenen Landnutzungsformen (vgl. JÜRGING, 1975) – nördlich der Donau, hauptsächlich Forste und Grünland, südlich davon Ackerbau – beeinflussen die Zusammensetzung der Flechtenvegetation. Die neutralen bis basischen, aus den Feldern ausgewehten Stäube verändern das Stammilieu derart, daß sie vermehrt von neutrophilen Arten bewachsen werden.

   Das scheint der Hauptgrund für die flächenhafte Erstreckung der Zone 3 östlich der Line St. Georgen – Asten zu sein. Xanthoria parietina hat hier ihre Hauptverbreitung (siehe Verbreitungskarte).

3. Die drei anfangs erwähnten landschaftlichen Großräume unterscheiden sich durch das verschiedene Zusammenwirken der einzelnen Klimafaktoren (Windhäufigkeit, Nebelhäufigkeit, Sonnenscheindauer, Temperatur). In nicht geringem Maße ist die Verbreitung bestimmter Arten von diesen Faktoren abhängig. So sind Evernia prunastri und Ramalina pollinaria wegen ihrer geringen Trockenresistenz und ihrer hohen Lichtbedürftigkeit auf feuchte, nicht verbaute Gebiete beschränkt.

Die Zonen 1 bis 3 sind also hauptsächlich durch den geologischen Untergrund, die Bewirtschaftungsform und die Klimafaktoren bedingt. Die Ausbreitung der Zone 4 und 5 im klimatisch relativ einheitlichen Nahbereich in und um Linz kann so nicht ausreichend erklärt werden. Nur trockenheitsresistente, aber vor allem immissionsresistente Arten vermögen hier noch zu wachsen (Parmelia sulcata, Physcia orbicularis).

In einem ökologisch so uneinheitlichen Raum ist eine qualitative Auswertung zur Kennzeichnung der Immissionsbelastung daher nicht ausreichend.

Bei der Auswertung nach den Kriterien der IAP-Methode wurden in jedem Aufnahmepunkt alle vorkommenden Flechtenarten berücksichtigt. Ob ein azidophiler oder ein neutrophiler Bewuchs bewertet wird, ist für die Höhe des Luftreinheitsfaktors (IAP) nicht von Bedeutung, wohl aber die mittlere Begleitartenanzahl, die Gesamtartenzahl, der Deckungsgrad und die Vitalität jeder einzelnen Art.

Das kleinräumige, kompliziert erscheinende Mosaik der verschiedenen IAP-Zonen im Donautal ist nicht zurückführbar auf kleinräumig sich stark ändernde klimatische Einflüsse, oder auf einen verschiedenen geologischen Untergrund. Verantwortlich sind in erster Linie Emissionen, die den Flechtenbewuchs negativ beeinflussen.

Folgende Fakten sprechen dafür:

– niedrige IAP-Werte im Bereich kleiner Siedlungen
– die Übereinstimmung der Ausdehnung von Bereichen niedriger IAP-Werte mit der vorherrschenden Windrichtung. Die Windrichtung bestimmt die Ausbreitung der Schadstoffe; im Untersuchungsgebiet die West-Ost-Richtung.
– in inversionsgefährdeten Becken und Tälern wird der schädigende Effekt der Immissionen verstärkt, da die Schadstoffe nicht verdünnt werden.

Bei beiden Auswertungen haben die Zone 4 und 5 über weite Strecken eine ähnliche Ausdehnung. Auch bedecken sie in beiden Karten ähnlich große Flächen.

	Zone 4	Zone 5
IAP-Methode	63	32
Qualitative Methode	68	68

AREALE DER ZONEN 4 UND 5 AUF GRUND DER AUSWERTUNGEN NACH DER IAP- BZW. QUALITATIVEN AUSWERTUNGSMETHODE

Da neben Parmelia sulcata und Physcia orbicularis nur Buellia punctata, Physcia ascendens und Physcia tenella vorkommen, erscheinen auch die IAP-Werte sehr niedrig (unter 140).

Für eine emittentenbezogene Flechtenkartierung, deren Ziel darin liegt, die Ausdehnung immissionsbelasteter Gebiete zu eruieren, eignet sich die quantitative Methode (IAP) weitaus besser, da sich ihr Ergebnis nicht nur auf die durch vielerlei Einflüsse begrenzte Verbreitung einzelner Arten stützt.

3.3.5 Ergebnisse der pH-Messungen

W–O verlaufende Transsecte

Station	B	A	Station	B	A
1/57	3,85	4,75	1/65	4,2	5,55
2/57	3,60	4,65	2/65		
3/57	3,95	4,65	3/65	5,05	5,15
4/57	3,75	4,75	4/65	4,90	5,45
5/57	3,65	4,55	5/65	4,95	5,45
6/57	3,55	4,45	6/65	4,60	5,25
7/57	4,05		7/65	3,95	5,15
8/57	4,85		8/65	3,85	5,70
9/57	5,05	5,15	9/65	4,15	5,20
10/57	4,55	5,45	10/65	4,35	5,15
11/57	4,05	5,55	11/65	4,55	5,60
12/57	4,10	5,30	12/65	3,90	4,75
13/57	4,40	5,55	13/65	4,25	5,10
14/57	4,20	4,95	14/65	4,45	4,95
15/57	4,25	4,60	15/65	3,90	4,50
16/57	3,85	4,75	16/65	4,50	5,35
17/57	3,80	4,75	17/65	4,60	5,75
18/57	3,95	4,90	18/65	4,15	5,40
19/57	3,90	4,95	19/65	3,65	4,85
20/57	4,30	5,35	20/65	3,90	4,85
			21/65	4,65	5,65
			22/65		
			23/65		
			24/65	4,95	6,15
			25/65	4,55	5,10
			26/65	4,95	5,10
			27/65		
			28/65	4,40	5,10
			29/65	4,50	5,45
			30/65	5,05	5,75

B = Birnbäume
A = Apfelbäume

Fortsetzung nächste Seite

N–S verlaufende Transsecte

Station	B	A	Station	B	A
11/53	4,10	4,85	19/57	3,90	4,95
11/54	3,75	4,25	19/58	4,30	5,35
11/55	4,15	5,20	19/59	3,95	4,00
11/56	4,25	5,40	19/60	4,15	4,65
11/57	4,15	5,55	19/61	4,00	5,15
11/58	4,85	5,10	19/62		
11/59			19/63	4,20	4,85
11/60	4,25	5,95	19/64	4,10	4,90
11/61	4,35	5,60	19/65	3,65	4,85
11/62	4,65	5,55	19/66	4,30	4,90
11/63	4,75	5,25	19/67	4,90	5,60
11/64	4,80	5,25	19/68	4,70	5,50
11/65	4,50	5,60	19/69	4,50	5,10
11/66	4,00	5,15	19/70	4,50	4,90
11/67	3,90	5,40			
11/68	4,75	5,20			
11/69	4,80	5,60			
11/70	5,15	5,45			

pH-WERTE DER RINDENPROBEN
(Die oben angeführten pH-Werte sind Mittelwerte
aus drei angesetzten Proben pro Baum).

B = Birnbäume
A = Apfelbäume

Die Birnbaumborke stellt ein weitgehend saures Substrat dar. Die Werte liegen zwischen 3,55 und 5,15. BARKMAN (1969) gibt als Durchschnittswert 4,8 an. Der pH-Bereich von Apfelbäumen liegt zwischen den Extremwerten 4,0 und 6,5, also etwas näher dem Neutralbereich.

3.4. Diskussion

3.4.1. Expositionsabhängigkeit des Flechtenbewuchses am Stamm

3.4.1.1. Allgemeines

Bereits in der älteren Literatur sind Angaben über die Expositionsabhängigkeit der epiphloedrischen Flechten zu finden.

OCHSNER (1928) führt als Grund die je nach Himmelsrichtung verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnisse an der Borke an, hervorgerufen durch ständig wechselnde Dauer und Intensität der Sonnenbestrahlung, andererseits durch verschieden starkes Auftreten der Niederschläge.

Als Ursache für die ausgeprägte "Westtendenz" der Flechtenbezüge im Bonner Stadtgebiet nehmen STEINER, SCHULZE-HORN (1955) an, daß wenigstens die konvektiven Regen durch Winde aus NW- bis SO-Richtung gebracht werden, daß die Westflanke der Bäume also die Prallseite für den Regen darstellt. Nach ihrer Meinung spielen neben dem Einfluß des richtungsabhängigen Strahlungsklimas vor allem die Ventilationsverhältnisse eine Rolle.

In Hamburg findet VILLWOCK (1962) eine Konzentration des Flechtenbewuchses auf den feuchtigkeitsbegünstigten West- und Südwestflanken der Stämme. In genau denselben Richtungen hat die Niederschlagswindrose die Maxima. Bei der näheren Untersuchung der Expositionsverhältnisse von Lecanora varia stellt sie zum Stadtzentrum hin eine immer deutlicher werdende Expositionsabhängigkeit zur West- und Südwestflanke fest, also den regenbegünstigten Seiten der Bäume. Auch Laubflechten zeigen an ihrer inneren Verbreitungsgrenze dieselbe Erscheinung. Bei Annäherung an die Normalzone wachsen sie auch häufiger an anderen Stammexpositionen. Ähnlich wie STEINER, SCHULZE-HORN begründet DOMRÖS (1966) die Verhältnisse im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet.

Er weist aber auch darauf hin, daß Flechten die Richtung, aus der die relativ sauberen Winde wehen, als Wuchsort bevorzugen.

DJALALI (1974), der in Stuttgart fünf IAP-Zonen ausscheidet, findet für jede der fünf Zonen dieselbe Tendenz. Auch hier wird immer die NW-Richtung bevorzugt. Eine Beziehung zwischen Immissionszonen und den von den Flechten bevorzugten Himmelsrichtungen kann DJALALI ebensowenig nachweisen, wie eine strenge Ausrich-

tung der Flechten auf nur eine bestimmte Exposition in flechtenarmen Zonen.

Die negative Stoffwechselbilanz, die bedingt ist durch die nächtliche Atmung, kann durch die aktive Phase in den Morgenstunden normalerweise ausgeglichen werden, da die Wasserdampfsättigung nicht so rasch absinkt und für die Flechten, wenn sie nicht unmittelbarer Strahlung ausgesetzt sind, eine ausreichende Photosynthese möglich ist. Diese wichtige Tatsache machen SCHMIDT u. KREEB (1973) hauptsächlich für das Fehlen der Flechten in Ostexposition geltend. Eine Korrelation zwischen Hauptrichtung der Niederschläge und Ausbildung des Algenanfluges beschreibt GÄRTNER (1974): "Zur Klärung der Frage, welcher Faktor nun zu entsprechender Expositionswahl vorrangig beiträgt, ob es die Anforderungen an Licht, Temperatur, Wasser, usw. sind, bedarf äußerst sorgfältiger Betrachtung am Phorophyten, an seinem Standort und am Gesamtkomplex Mikro- und Makroklima". Dasselbe gilt wohl auch für eine Beurteilung der Expositionsabhängigkeit bei Flechten.

3.4.1.2. Die Situation im Untersuchungsgebiet

Über 50 % der Bäume haben ihr Flechtenmaximum auf der Westseite, 25 % auf der Südwestseite, ca. 10 % auf der Nordwestseite.

Exposition / IAP-Zone	1	2	3	4	5	Ø
N	1,7	1,0	3,2	2,9	11,8	2,4
NW	11,2	9,1	10,0	11,8	23,5	10,7
W	55,4	59,1	56,4	58,9	39,3	56,7
SW	27,6	24,2	26,2	20,6	21,5	25,0
S	1,4	2,6	2,4	2,2	0,0	2,1
SO	0,7	0,7	0,6	0,7	0,0	0,6
O	1,0	1,9	0,6	2,2	4,0	1,5
NO	1,0	1,4	0,6	0,7	0,0	1,0

EXPOSITIONSVERHÄLTNISSE DER FLECHTEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET (in %) IN DEN IAP-ZONEN

Den Großteil der Niederschläge bringen Westwinde, sodaß am westexponierten Stammbereich wohl die besten Feuchtigkeitsverhältnisse auftreten. Hier ist die Borke weicher und morscher, hat daher eine höhere Wasserkapazität, was für das Überleben der Flechten in einer regenlosen Periode ausschlaggebend ist.
Daß vor allem die Faktoren Wind, Niederschläge die Hauptsache für diese Expositionsmuster darstellen, zeigt auch eine Zunahme des Bewuchses auf der NW-Seite im Raum Enns. Hier werden die Winde, bedingt durch die Geomophologie in NW–SO-Richtung abgelenkt. Weiters sollte bei der Betrachtung der Expositionsabhängigkeit der Rindenflechten die staubanwehende Wirkung des Windes nicht außer acht gelassen werden. Diese Stäube aus den Feldern sind bei nicht zu hoher Konzentration Dünger für neutrophile Flechten.

Auffallend sind die auch auf der Westseite vorkommenden, flechtenfreien Regenstreifen. Dafür scheinen zwei Ursachen maßgebend zu sein. Erstens wird durch das rasche Abfließen des Wassers die Besiedlung dieser Stammbereiche unmöglich, zweitens lassen die im Abflußwasser mitgeführten, giftigen Ionen (v.a. HSO_3^-) keinen Flechtenbewuchs zu. Flechtenthalli in unmittelbarer Nachbarschaft von Regenstreifen sind weniger vital, sie haben teilweise sogar abgestorbene Loben.

In Zone 5 (Leerzone), im Nahbereich der großen Emittenten VÖEST und Chemie-Linz AG ist die bevorzugte Exposition die Nordseite. Hauptsächlich Bäume am Südhang des Pfenningberges in Nordosten der beiden genannten Industriebetriebe zeigen diese Expositionsverteilung. Die Flechten weichen also auf den nicht direkt von Abgasen bestrichenen Stammabschnitt aus. Hier beeinflussen sicherlich toxische Substanzen die Expositionswahl stärker als klimatische Faktoren.

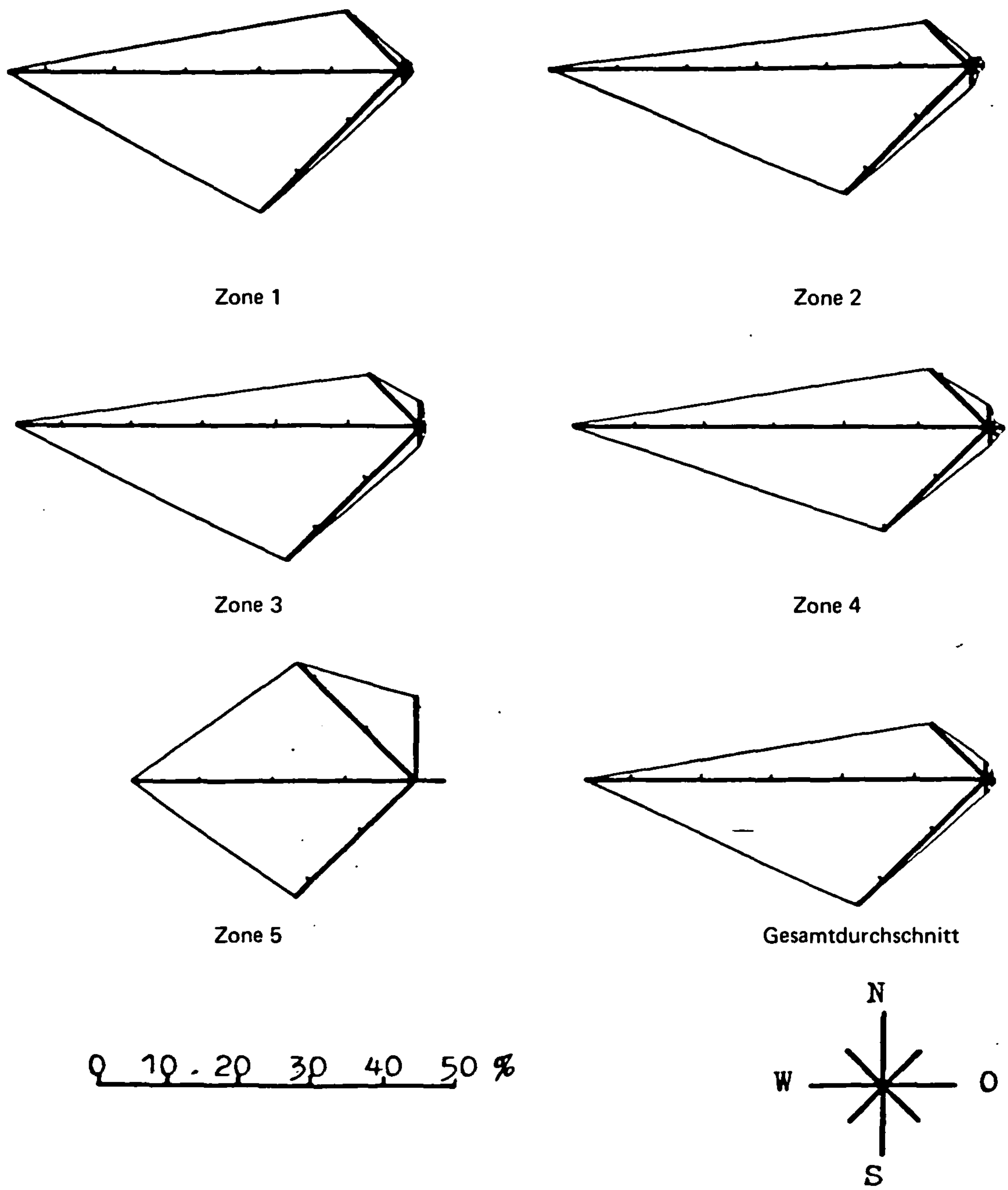
Eine Beschränkung des Flechtenvorkommens in der Kampfzone auf nur eine Expositionsrichtung, wie sie VILLWOCK (1962) in Hamburg feststellte, ist im Oberösterreichischen Zentralraum nicht gegeben.

—— (Siehe graphische Darstellung auf Seite 32) ——

3.4.2. Abhängigkeit des Flechtenbewuchses von der Seehöhe

3.4.2.1. Allgemeines

Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windhäufigkeit und Windgeschwindigkeit sind weitgehend von der Seehöhe abhängig. Eine Betrachtung des Flechtenbewuchses in Abhängigkeit von diesem Faktor bietet daher die Möglichkeit, etwaige Korrelationen zwischen Flechtenbewuchs und Klimafaktoren zu finden.



EXPOSITIONSVERHÄLTNISSE DES FLECHTENBEWUCHSES IN DEN EINZELNEN FLECHTENZONEN

3.4.2.2. Die Situation im Untersuchungsgebiet

Seehöhe	Prozent	Seehöhe	Prozent
240 – 260	29,6	420 – 440	0,6
260 – 280	22,2	440 – 460	1,7
280 – 300	17,0	460 – 480	0,4
300 – 320	9,2	480 – 500	0,6
320 – 340	10,4	500 – 520	0,3
340 – 360	3,2	520 – 540	0,2
360 – 380	2,1	540 – 560	0,2
380 – 400	0,6	560 – 580	0,2
400 – 420	1,3	580 – 600	0,2

PROZENTUELLER ANTEIL DER VERSCHIEDENEN HÖHENLAGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET.

Der Großteil des untersuchten Gebietes, die Flußtäler und ein großer Teil der Traun-Enns-Platte, liegt unter 300 m, das Südende der Böhmischen Masse zwischen 360 und 440 m. Die Lagen darüber bilden den Nordabschluß des Untersuchungsgebietes.

Folgende Korrelationen zwischen Flechtenbewuchs und Seehöhe sind zu erkennen:

– Zunahme der Artenanzahl mit zunehmender Seehöhe
– Zunahme des Deckungsgrades mit zunehmender Seehöhe
– Zunahme der Vitalität mit zunehmender Seehöhe

Daraus ergibt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen IAP-Werten und Seehöhe.

In höheren Lagen ist die Durchlüftung durch das häufigere Auftreten von Winden besser als in den Tallagen (vgl. SCHMEISS, 1974). Die häufig auftretenden Nebel und Inversionen in den den windärmeren Tallagen – vor allem im 4. Quartal – bedingen eine starke Schadstoffanreicherung in der Luft. Die Schadstoffe verhindern ein üppiges Flechtenwachstum, wie es auf Grund der klimatischen Gegebenheiten zu erwarten wäre. Beispielsweise am Südhang des Pfenningberges, zwischen 300 und 400 m, überlagern die negativen Schadstoffeinwirkungen die Klimafaktoren. Auch bei Nettingsdorf ist das festzustellen. Auch eine unterschiedliche Nutzungsart gleich hoch gelegener, benachbarter Stationen bedingt voneinander abweichende IAP-Werte, etwa in den 270 m hoch gelegenen Stationen 23/70 und 23/71:

Station 23/70 – Ortsgebiet St. Valentin – IAP-Wert 170
Station 23/71 – landwirtschaftliche Nutzung – IAP-Wert 292

Bäume höher gelegener Freilandstationen haben daher einen reicheren und "gesünderen" Flechtenbewuchs. Aber auch hier können Landnutzung und Schadstoffe den Flechtenbewuchs deutlich beeinflussen.

Zu ähnlichen Schlüssen kommt DJALALI (1974) in Stuttgart. Auch SEAWARD (1976) bestätigt eine Korrelation zwischen Artenanzahl und Höhenlage.

Seehöhe / Artenanzahl	240–260	260–280	280–300	300–320	320–340	340–360	360–380	380–400	400–420
0	2								
1	1	1							
2	2	1							
3	1	2	1						
4	3	6	1	1	1				
5	2	3							
6	6	1				1			
7	5	3	1				1		
8	5	4		2			1		
9	5	11		1	2	1			
10	8	3	2	1	1			1	
11	4	7	4	2	1	2			1
12	10	6	4	1		2	2		
13	7	3	8		3	1			1
14	10	6	8	1	4		2		1
15	12	14	7	5	4	2			
16	14	7	11	2	3		2		1
17	4	8	4	2	8			1	
18	7	2	3	4	3	1	1		
19	6	4	4	3	5	1			1
20	5	3	6	5	3	1			
21		1	5	1	4	1	1		1
22	1	1	3	6	4	2			2
23			2	3	1				
24			1	1	2				
25				1					
26									
27			1		1				
mittlere Artenanzahl	12,5	12,2	15,9	17,3	17,5	15,1	13,6	13,5	15,6

Fortsetzung nächste Seite

Seehöhe / Artenanzahl	420–440	440–460	460–480	480–500	500–520	520–540	540–560	560–580	580–600
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7		1							
8									
9									
10									
11		1							
12									
13									
14	1	1							
15		1							
16	1								1
17		2							
18									
19				1					
20			1	1					
21							1		
22					1				
23				1					
24									
25									
26									
27									
mittlere Artenanzahl	15,0	15,5	20,0	20,7	22,0		21,0		16,0

VERGLEICH ZWISCHEN ARTENANZAHL PRO STATION UND SEEHÖHE

Seehöhe / IAP	240–260	260–280	280–300	300–320	320–340	340–360	360–380	380–400	400–420
280	8	12	24	22	19	7	2	1	1
%	6,7	12,4	31,6	52,4	38,0	46,7	20,0	50,0	16,7
210 – 279	44	29	25	11	17	2	4		3
%	36,7	29,9	32,9	26,2	34,0	13,3	40,0		50,0
140 – 209	38	26	21	7	12	5	2		2
%	31,7	26,8	27,6	16,6	24,0	33,3	20,0		33,3
70 – 139	20	18	4	1	1	1	2	1	
%	16,6	18,5	5,3	2,4	2,0	6,7	20,0	50,0	
0 – 69	10	12	2	1	1				
%	8,3	12,4	2,6	2,0	2,0				

Fortsetzung nächste Seite

Seehöhe / IAP	420–440	440–460	460–480	480–500	500–520	520–540	540–560	560–580	580–600
280		2	1	2	1		1		
%		25,0	100,0	66,7	100,0		100,0		
210 – 279	1	4		1					1
%	50,0	50,0		33,1					100,0
140 – 209	1	2							
%	50,0	25,0							
70 – 139									
%									
0 – 69									
%									

% = Prozent der in der betreffenden Seehöhe liegenden Stationen mit dem jeweiligen IAP-Wertbereich

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN IAP-WERTEN UND SEEHÖHE

3.4.3. Abhängigkeit des Flechtenbewuchses von häufigen Windrichtungen

3.4.3.1. Allgemeines

Der Einfluß der vorherrschenden Windrichtungen auf die Exposition der Flechten am Phorophyten wurde unter 3.4.1. erwähnt.

Mehrere Autoren (STEINER, SCHULZE-HORN, 1955, VILLWOCK, 1962, BORTENSCHLAGER und SCHMIDT, 1963, EHRENDORFER, MAURER, KARL, 1971, DJALALI u. KREEB, 1973, PÖLL, 1976, SIGL, 1976) führen in ihren Untersuchungen eine deutliche Abhängigkeit zwischen Ausmaß der Flechtenzonen und Windrichtungen an, da der Wind die Schadstoffe der Emittenten in benachbarte Gebiete verfrachtet. Das quantitative Ausmaß dieser Schadstoffverfrachtung hängt von der Windhäufigkeit, der Windgeschwindigkeit und zum Teil auch von der Höhe des emittierenden Schlotes ab (SIGL, 1976).

3.4.3.2. Die Situation im Untersuchungsgebiet

Im Großraum Linz sind diese Zusammenhänge deutlich. Die über das ganze Jahr vorherrschenden Westwinde ermöglichen westlich des Linzer Stadtgebietes ein Näherrücken der wenig bis mäßig beeinflußten Flechtenzonen bis an das Zentrum. Im Osten und Südosten der Stadt ziehen die Flechtenwüste und die stark geschädigte Zone 4 weit in unverbautes Land hinein, Beim Vergleich der Flechtenkarte (IAP-Zonierung) mit der Abbildung aus STUBENRAUCH (1976) – Ausbreitung und Reichweite von Rauchfahnen bei vorherrschenden Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten (= Bft 2) im Großraum Linz – wird die Abhängigkeit der Lage der Flechtenzonen von den häufigen West- und Südwestwinden deutlich. Durch die Oberflächengestaltung der Landschaft werden die Winde und somit auch die von ihnen transportierten Schadstoffe in Südostrichtung abgelenkt. Diese von der Windrichtung beeinflußte Zonenerstreckung ist nicht nur im Bereich des Hauptemittenten Linz anzunehmen, sondern auch in Enns, Mauthausen und St. Valentin. Auch die Verbreitung der Flechtenzonen in der Umgebung der Papierfabrik Nettingsdorf zeigt eine deutliche Windrichtungsabhängigkeit.

Überraschend negativ beeinflußt die Zuckerfabrik Enns (18/65) das Aufkommen von Flechten. Obwohl die Fabrik nur ungefähr zweieinhalb Monate im Jahr arbeitet (Oktober bis Dezember), ist östlich des Werkgeländes der Flechtenbewuchs stark geschädigt. In den genannten Monaten wehen vorwiegend schwache West- und Nordwestwinde.

Bedeutungsvoll für die Erstreckung der Flechtenzonen im Linzer Becken sind die im 4. Quartal öfter auftretenden, schwachen Ostwinde. Zu den im Zentrum beim Hausbrand anfallenden Emissionen tragen sie die Schadstoffe der am Ostrand gelegenen Industrien in das Beckeninnere. Durch die besonders in dieser Jahreszeit häufig vorkommenden Nebel und Inversionen werden die Schadstoffe in den bodennahen Luftschichten angehäuft. Nur wenig, oder nicht geschädigter Flechtenbewuchs ist deshalb erst außerhalb des Beckens anzutreffen.

Als Folge dieser Ostwinde sind die niedrigen IAP-Werte am Ostrand des Kürnbergerwaldes zu deuten. Ein Stau dieser schadstoffbeladenen Luftmassen dürfte hier den schädigenden Einfluß ausmachen.

Im Leeschatten der Hauptwindrichtungen liegen hinter ausgedehnten Wäldern manchmal kleine Flächen der Zone 1, etwa im Mönchgraben (10/63), bei Raffelstetten (13/62, 14/63) und bei Albing (24/64).

3.4.4. Abhängigkeit des Flechtenbewuchses von der Siedlungsdichte

3.4.4.1 Allgemeines

Zahlreiche Autoen (HAUGSJA, 1930, VARESCHI, 1936, RYDZAK, 1953, BESCHEL, 1958, BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963, BORTENSCHLAGER, 1969), die sich mit der Situation der Flechten in größeren Siedlungsräumen beschäftigten, fanden eine Verarmung der Flechtenvegetation in Bezug auf Artenanzahl und Wuchsdichte in verbauten Gebieten. Als mögliche Ursachen für diese Erscheinung werden angeführt:

– die verminderte Lichtintensität (HAUGSJA, 1930)
– eine mechanische Beeinflussung durch Pflegemaßnahmen
– die veränderte Klimasituation (größere Wärme, geringere Luftfeuchtigkeit)
– eine Beeinflussung durch Staub und Ruß
– eine Schädigung durch Rauchgase (SO_2, HF, NO_2, NO_3, Autoabgase)

In Esslingen fand BAUER (1973) einen auffallend deutlichen Zusammenhang zwischen der Artenzahl der kartierten Flechten und den Bebauungsverhältnissen. Die Artenzahl dient ihm als brauchbarer Indikator für die Dichte eines Siedlungsgebietes, wie auch für die Qualität von Grünanlagen im Sinne der Regenerationsfähigkeit in Richtung natürlicher klimatischer Verhältnisse. In Esslingen bedingen Emissionen der Haushalte, Kleingewerbe und der Stadtverkehr diese Korrelation.

Den positiven Einfluß von Parkanlagen inmitten eines größeren verbauten Bereiches erwähnen auch SAUBERER (1951) für Wien und VARESCHI (1953, zit. nach BARKMAN, 1969) für Caracas.

3.4.4.2. Die Situation im Untersuchungsgebiet

In Linz besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Artenanzahl und Siedlungsdichte. Darüber hinaus muß aber der besondere Standort der Industrie und die Rolle der Winde bei der Verbreitung der Rauchfahnen berücksichtigt werden; denn auch in unverbauten Gebieten am Ostrand der Landeshauptstadt sind nur wenige Arten anzutreffen. In den Stationen 5/56, 5/58 und 5/59 gedeihen relativ viele Flechtenarten. In der erstgenannten Station dürften die relativ großflächigen Grünanlagen den positiven Effekt hervorrufen; in den beiden letztgenannten Quadranten sind neue Wohnanlagen errichtet worden (Bindermichl), die von breiten Parkflächen umgeben sind. Durch die zentrale Beheizung wird auch das Ausmaß des Schadstoffgehaltes herabgesetzt.

Innerhalb kleinerer Orte, etwa in Asten, St. Florian, St. Valentin und in der Stadt Enns sind um durchschnittlich fünf Arten weniger zu finden als im nicht verbauten Gebiet.

In der beigefügten Karte wird der Zusammenhang zwischen Artenanzahl und Siedlungsgebiet deutlich.

——— (Siehe graphische Darstellung auf Seite 37)———

3.4.5. Beeinflussung des Flechtenbewuchses durch das Stadtklima und durch toxische Substanzen

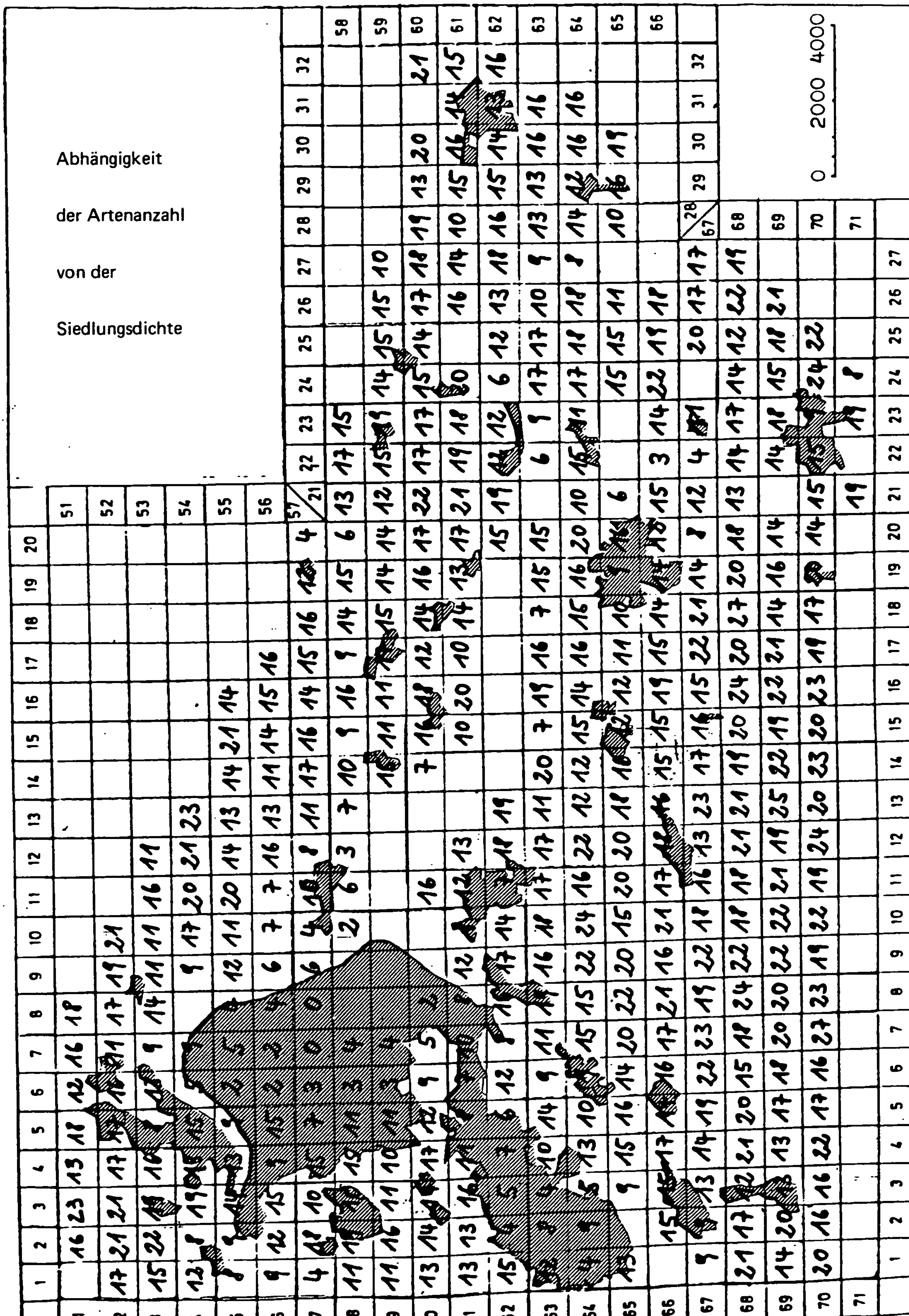
3.4.5.1. Allgemeines

In vielen Fällen ist es unklar, ob der Grund für die Abwesenheit einer Flechtenart in Städten ein geringes Maß an Trockentoleranz, oder eine niedrige Toxitoleranz ist. Häufig wirken beide Faktoren zusammen. Daher führt BARKMAN (1969) *die weitergefaßten Begriffe Poleotoleranz und Poleophobie ein. Er faßt die Argumente, die* das veränderte Stadtklima für den Rückgang der Flechten verantwortlich machen, unter dem Begriff "Drought-hypothesis" zusammen.

Flechten sind aerohygrophil, das heißt, sie sind imstande, Wasserdampf aus der Luft aufzunehmen und dadurch *ihren Wasserhaushalt zu decken. Die niedrigere relative Luftfeuchtigkeit in den Städten schränkt das Ausmaß* der Photosynthese ein.

Auch der Taubefall in den Stadtgebieten ist geringer und obendrein verdunstet das nächtlich niedergeschlagene Tauwasser viel schneller als über Wiesen und waldreichem Gelände (SCHMIDT u. KREEB, 1973). Infolgedessen *wird die Zeitspanne des Stoffwechselbilanzausgleiches am Morgen erheblich verkürzt. Für die Flechten wird* eine Hungersituation hervorgerufen, die noch dadurch verschärft wird, daß durch höhere Nachttemperaturen in den Städten im Vergleich zum Umland der Substanzverlust für die Flechten durch die nächtliche Atmung vergrößert wird. Die bisher in den meisten Untersuchungen gemachte Beobachtung, daß vom Stadtrand zum Zentrum hin zuerst die Strauchflechten, dann die Blattflechten und zuletzt die Kurstenflechten eingeschränkt auftreten und schließlich ausfallen, dürfte nach STEINER, SCHULZE-HORN (1955) kaum auf die verschiedene Rauchgastoleranz der verschiedenen Wuchsformen zurückzuführen sein. Sie meinen hingegen, Strauchflechten seien mehr als Blattflechten und diese wieder mehr als Krustenflechten durch die Lufttrockenheit gefährdet. Den Beweis dafür sehen sie darin, daß die Aufnahme der Flechtenvegetation zu ähnlichen Schlußfolgerungen führt, wie die zur gleichen Zeit von EMONDS (1954, zit. nach STEINER, SCHULZE-HORN, 1955) gemachte

Fortsetzung auf Seite 38


Abhängigkeit
der Artenanzahl
von der
Siedlungsdichte
0 2000 4000

klimatologische Analyse Bonns.

WIRTH u. TÜRK (1975) erhalten als Ergebnis ihrer Flechtenbegasungsversuche zur Feststellung einer wuchsformabhängigen SO_2-Resistenz, daß keine Korrelation zwischen Wuchsformtyp und SO_2-Resistenz besteht, sondern daß die SO_2-Resistenz mehr mit anderen Gegebenheiten in Zusammenhang steht. Stärker geschädigte Flechtenarten stammen von relativ schattig-feuchten Standorten (Evernia prunastri, Pertusaria albescens var. corallina), resistente Arten von ziemlich austrocknungsgefährdeten Standorten (Xanthoria parietina, Hypogymnia physodes, Parmelia acetabulum).

Anatomisch-morphologische Unterschiede dürften dieser Erscheinung zugrunde liegen. Es ist wahrscheinlich, daß die sehr hygrophilen Arten schon allein der geringeren Luftfeuchtigkeit wegen die Städte meiden, die Artenzahl sich also schon daher verringert.

Es wäre aber zweifellos nicht richtig, den Flechtenrückgang einzig als Resultat des Kampfes um Wasser darzustellen, wie es RYDZAK (1953) nach Untersuchungen in Lublin verallgemeinernd darstellt, wenn er schreibt: "Die Annahme einer Einwirkung von SO_2 auf die Dislokation von Flechten in den Städten führt zu einem Unsinn und ist ein Beispiel für eine kollektive wissenschaftliche Suggestion."

Manche Autoren machen sowohl die Lufttrockenheit als auch die Luftverunreinigungen – hauptsächlich Dunst, Stäube und toxische Gase – für die Flechtenverarmung verantwortlich.

In Debrecen produziert das trockene Mikroklima und die "vergiftete" Luft eine Flechtenwüste (FELFÖLDY, 1942). BRODO (1972) vertritt die Meinung, für die Ausbildung des sogenannten "City Effektes" stellen zwar die Luftverunreinigungen die überwiegende Ursache dar, jedoch sei auch der Einfluß des veränderten Mikroklimas nicht zu vernachlässigen. Nach lichenologischen Untersuchungen im Ruhrgebiet kommt DOMRÖS (1966) zum Schluß, die Rindenflechten können sowohl als Indikatoren für die klimatischen Bedingungen in Städten dienen, als auch für das Ausmaß der Luftverunreinigungen in Industriegebieten.

Eine Kombination der Drought-hypothesis mit der Toxic-gas-hypothesis (BARKMAN, 1969) nehmen BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) an, die zur Situation in Linz schreiben: "Das Auftreten der Zone 5 (Flechtenwüste) in dicht verbautem Gebiet ist "natürlich", sie wird durch die Überwärmung und die Abgase verursacht."

Kein unbedeutendes Gewicht wird den Luftverunreinigungen beim Rückgang der Flechten in den Siedlungsräumen und Industriegebieten zugemessen (BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963, LAUNDON, 1967, GILBERT, 1965, 1969, 1970, DeSLOOVER u. LeBLANC, 1968, SKYE, 1968, LeBLANC u. DeSLOOVER, 1970, HAWKSWORTH u. ROSE, 1970, JOHNSON u. SOCHTING, 1973, KIRSCHBAUM et al., 1974, JÜRGING, 1975, etc.).

BARKMAN (1969) und LeBLANC u. RAO (1973) fassen die Argumente für die sogenannte Toxic-gas-hypothesis, oder Pollution-hypothesis zusammen.

Eingehend sind die Wirkungen und die Wirkungsweise des SO_2 (GILBERT, 1969) und HF (PISUT et al., 1974) auf das Gedeihen der Flechten untersucht worden. NOWAK (1973) weist auf die schädigende Wirkung des SO_2 und HF auf den Gasstoffwechsel der Flechten hin. Den Verlauf der Schädigung gliedert er in vier Phasen:

1. normaler Stoffwechsel
2. gleichbleibende Photosynthese bei überhöhter Atmung
3. nachlassende Photosyntheseleistung, da Chlorophyll a in das Phaeophytin a übergeht (COKER, 1967, RAO u. LeBLANC, 1966), und überhöhte Atmung
4. Rückgang des Stoffwechsels

In Montreal fanden LeBLANC und DeSLOOVER (1970) einen proportionalen Zusammenhang zwischen Schädigung der Flechtenvegetation, der Quantität des Gases und der Dauer der Einwirkung. Eine höhere Schädigung tritt dann auf, wenn bei feuchter Witterung die Photosyntheserate hoch ist. Die von ihnen errechneten IAP-Werte sind eine Antwort der Flechtenvegetation auf den Langzeiteffekt der Verunreinigung und können deshalb als Luftreinheitsfaktor benützt werden.

Sogenannte emittentenbezogene Flechtenkartierungen, d.h. die Aufnahme der Flechtenvegetation um isoliert stehende Emittenten mit möglichst klar erfaßbaren Emissionsverhältnissen (JÜRGING, 1975), durchgeführt etwa von RAO u. LeBLANC (1967) in der Umgebung der Eisenhütte in Wawa, Ontario, von SKYE (1958) und von SKYE u. HALLBERG (1969) in der Umgebung des Schieferölwerkes bei Kvarntorp in der Provinz Närke, Südschweden, oder von JÜRGING (1975) um einzelne, isoliert stehende Emittenten in Bayern, zeigen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Emissionen und Flechtenwachstum. So konnten artspezifisch und immissionsspezifisch reagierende Flechtenarten oder Flechtenartengruppen ermittelt und in sogenannten Resistenzreihen angeordnet werden.

Neben Kartierungen der Flechtenvegetation weisen auch Ergebnisse der Transplantatversuche, bei denen Flechtenthalli samt ihrem Substrat aus flechtenreichen Standorten (Normalzone) in Siedlungszentren oder

Industriearealen exponiert werden (SCHÖNBECK, 1969, LeBLANC u. RAO, 1973, BAUER, 1973, HUTTER, 1973), auf den schädigenden Einfluß der Stadtluft hin. Schon kurze Zeit nach dem Anbringen der Flechtenproben traten Veränderungen des Gaswechsels auf, später sichtbare Veränderungen; zu Beginn Verfärbungen der Lappenränder, später häufig Absterben der gesamten Flechtenprobe.

Maßgeblich beeinflussen die Aziditätsverhältnisse die Ausbildung der Flechtenzonen (TRÜMPENER, 1928). Nicht die pH-Werte der Borke an sich bedingen die Flechtenzonierung, stellen EHMKE et al. (1973) für Waiblingen fest, da die gefundenen Flechten auch auf saurem Substrat gedeihen können. Ihnen zufolge ist *die pH-Werterniedrigung der Borke im Stadtzentrum durch Luftverunreinigungen, hauptsächlich SO_2 und* SO_3, bedingt. Ihre Annahme stützt der deutlich gefundene Zusammenhang zwischen Schwefelgehalt und pH-Wert der Borke.

KUNZE (1973) erwähnt, daß bei der Besiedlung der einzelnen Baumarten pH-bedingte Unterschiede bestehen. Unter saurer Immission werden saure Borke schneller flechtenfrei als alkalische. Eine hohe Pufferkapazität, kombiniert mit einem hohen pH-Wert sowohl des Thallus als auch des Substrates sind als Avoidance-Mechanismen anzusehen, die zu einer Toxizitätsminderung des SO_2 führen. Bei Einwirkung von SO_2 bewirkt eine hohe Pufferkapazität des Thallus als auch des Substrates ein langsameres Absinken des pH-Wertes auf niedrige, toxische Werte (WIRTH u. TÜRK, 1974). In München fand JÜRGING (1975) eine Wiederbesiedlung der zentrumsnahen Borken mit azidophilen Flechten, vor allem ein gehäuftes Auftreten von Hypogymnia physodes, einer Art, die nach TÜRK u. WIRTH (1975) saures Substrat bevorzugt. Er begründet dies damit, daß die Borken *wegen der in den letzten Jahren geringeren SO_2-Immissionen einen pH-Wert annehmen, der einen Flechtenbewuchs wieder erlaubt.*

Basische Stäube mildern die SO_2-Einwirkungen, indem sie das pH-Milieu des Substrates verändern. Die Borken bilden dann eine geeignete Unterlage für einen neutrophilen Flechtenbewuchs. EHMKE et al. (1973) fanden die höchsten pH-Werte in der mittleren und äußeren Kampfzone, die sie charakterisieren als die Zone mit relativ niedrigen SO_2-, aber hohen Staubimmissionen.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die SO_2-Resistenz von Flechten ist der Wasserfaktor, da die SO_2-Aufnahme und die Schädigung des Thallus durch SO_2 wesentlich von seinem Wassergehalt, bzw. Quellungsgrad abhängt (WIRTH u. TÜRK, 1974, TÜRK u. WIRTH, 1974). Eine kausale Verknüpfung der Abgasempfindlichkeit mit dem Wasserhaushalt der Rindenflechten – bezugnehmend auf die hohen Deckungsgrade auf der Wetterseite – erwähnen auch EHRENDORFER et al. (1971), doch in anderer Weise: Starke Immissionen können durch Feuchtigkeitszufuhr kompensiert werden, bei Trockenheit würden sich dagegen schon schwächere Immissionen schädigend auswirken.

NASH (1966) stellt hingegen fest, Flechten seien bei höherer Luftfeuchtigkeit (in humidem Klima) SO_2-anfälliger als in aridem Klima. Näher auf den bei EHRENDORFER et al. angeführten Zusammenhang geht JÜRGING (1975) ein, erklärt diese Erscheinung aber anders: "Je Höher die Assimilationstätigkeit bei gleichzeitig vorliegender SO_2-Immission ist, desto höher fällt die Schädigung der Flechten, artspezifisch unterschiedlich, aus. Eine Wirkungsschwelle muß jedoch überschritten werden, d.h., die Immissionen müssen eine gewisse Konzentration erreichen, um toxische Wirkungen auszulösen. Meist ist aber eine durchgehende, über der Wirkungsschwelle liegende Immission nicht gegeben. Daher können in diesen Zeiträumen einzelne starke SO_2-Einwirkungen bei guten Feuchtigkeitsverhältnissen durch erhöhte Assimilation wieder kompensiert werden."

Nach der Auswertung emittentenbezogener Flechtenkartierungen in Bayern entwirft JÜRGING (1975) gegenüber SO_2 nachstehende Resistenzreihe für häufig vorkommende Flechten an Eichen.

BARKMAN (1969) gibt für die Eichenborke einen durchschnittlichen pH-Wert von 4,5 an. Im Untersuchungsgebiet bewegen sich die durchschnittlichen pH-Werte der Birnbaumborke in diesem Bereich, sodaß von diesem Gesichtspunkt aus ein Vergleich erlaubt ist.

Gruppe 1:	sehr resistent	Lecanora varia
Gruppe 2:	resistent	Hypogymnia physodes
		Parmelia sulcata
Gruppe 3:	empfindlich	Pseudevernia furfuracea
		Parmelia exasperatula
		Evernia prunastri
		Parmelia subrudecta
		Ramalina pollinaria
Gruppe 4:	sehr empfindlich	Parmelia socortea
		Parmelia acetabulum
		Physcia stellaris
		Physconia pulverulenta
		Physcia ascendens
		Physcia tenella
		Xanthoria parietina

RESISTENZREIHE FÜR FLECHTEN AN EICHEN BEI SO_2-IMMISSIONEN (nach JÜRGING, 1975)

KIRSCHBAUM et al. (1974) geben nach Untersuchungen der Flechtenvegetation an Apfelbäumen in der Region Untermain maximale SO_2-Toleranzwerte für verschiedene Flechtenarten an. Vergleichsweise werden im folgenden auch SO_2-Grenzwerte aus England (HAWKSWORTH u. ROSE, 1970) angeführt.

mg SO_2/m^3 Luft	KIRSCHBAUM et al.	HAWKSWORTH u. ROSE	
		azidophytische Flechten auf sauren Borken	neutrophytische Flechten auf weniger sauren Borken
0,040		Parmelia caperata	Parmelia scortea
0,050		Parmelia scortea Parmelia exasperatula	Physconia pulverulenta Physcia orbicularis
0,060	Evernia prunastri	Evernia prunastri	Parmelia acetabulum
0,070	Parmelia exasperatula Candelariella xanthostigma	Hypogymnia physodes Parmelia sulcata	Physcia ascendens Xanthoria parietina
0,100	Physcia tenella Physcia ascendens Parmelia sulcata Hypogymnia physodes		
0,120	Buellia punctata		
0,125		Lecanora varia	
0,150	Lecanora varia		
> 0,150	Flechtenwüste	Flechtenwüste	Flechtenwüste

MAXIMALE SO_2-TOLERANZ VERSCHIEDENER FLECHTENARTEN

Eine Zuordnung bestimmter SO_2-Konzentrationen zu bestimmten Flechtenzonen ist schwierig, da sehr viele Faktoren die Wirkung des SO_2 beeinträchtigen können. Dazu werden die SO_2-Konzentrationen je nach Meßmethode in verschiedenen Dimensionen angegeben.

Qualitative Zonierung	SIGL	PÖLL
Zone 1	0,040 mg SO_2/m^3 Luft	5 mg SO_3 . 28 d . 100 cm^2
Zone 2	0,040 – 0,060 – " –	5 – 7 – " –
Zone 3	0,060 – 0,125 – " –	7 – " –
Zone 4	0,125 – 0,150 – " –	keine Vergleichswerte
Zone 5	0,150 – " –	keine Vergleichswerte

IAP-Zonen	KIRSCHBAUM et al.
Zone 1	keine Vergleichswerte
Zone 2	0,064 mg SO_2/m^3 Luft
Zone 3	0,079 – " –
Zone 4	0,084 – " –
Zone 5	0,095 – " –

FLECHTENZONEN UND SO_2-KONZENTRATION (nach SIGL, 1976, PÖLL, 1976, KIRSCHBAUM et al., 1974)

Gegenüber neutralen bis alkalischen Stäuben gibt JÜRGING (1975) nach der Auswertung emittentenbezogener Flechtenkartierungen folgende dreiteilige Resistenzreihe für häufig vorkommende Blattflechten an Eichen an:

Gruppe 1:	sehr resistent	Xanthoria parietina
		Physcia ascendens
		Physcia tenella
Gruppe 2:	resistent	Physconia pulverulenta
		Parmelia acetabulum
		Parmelia scortea
		Parmelia sulcata
Gruppe 3:	empfindlich	Parmelia subrudecta
		Parmelia exasperatula
		Evernia prunastri
		Hypogymnia physodes
		Parmelia caperata

RESISTENZREIHE FÜR FLECHTEN AN EICHEN BEI BEEINFLUSSUNG DURCH ALKALISCHE STÄUBE (nach JÜRGING, 1975)

3.4.5.2. Die Situation im Untersuchungsgebiet

Im Raum Linz dürfte im Gegensatz zum Umland den veränderten Klimakomponenten, wie geringere Luftfeuchtigkeit und höhere Durchschnittstemperaturen, keine allzu große Bedeutung für die Einschränkung der Artenzahl, des Deckungsgrades und der Vitalität der Flechten zukommen. Denn gerade im aktiven Jahresabschnitt – im Winterhalbjahr – schaffen häufig auftretende Nebel gute Feuchtigkeitsvoraussetzungen für einen ergiebigen Stoffwechsel. Den geringen Einfluß des veränderten Klimas beweist die bis in die flechtenfreie Zone vorkommende Parmelia sulcata, die in der Literatur als feuchtigkeitsliebende Art beschrieben wird (DJALALI, 1974, SCHMIDT, 1973). Vielmehr dürften die verschiedenen, oft konzentriert in der *Stadt und im Industriegebiet anfallenden Immissionen (besonders im Winterhalbjahr) die Verarmung des* Flechtenbewuchses bewirken. BORTENSCHLAGER u.SCHMIDT, (1963) kamen zu derselben Auffassung. Niedrige IAP-Werte auch außerhalb der "trockenen und überhitzten" Stadt bekräftigen diese Annahme. Die gute Übereinstimmung der Areale der IAP-Zonen 5 und 4 mit der SO_3-Belastung im 4. Quartal (STUBENRAUCH, 1976) deutet auf die vorrangige schädigende Wirkung des SO_2 hin. Die Zonen der SO_3-Belastung nach STUBENRAUCH (1976) entsprechen allerdings nicht den IAP-Zonen, da SO_3-Werte über 0,5 mg/dm^2 . d über der Letalgrenze der Flechten liegen. Erst unterhalb dieser SO_3-Konzentration sind auf den Bäumen Rindenflechten zu finden. Die flächenhafte Ausdehnung der Zone 4 im Südwesten und Osten von Linz, wie auch die Erstreckung der Zone 3 nach St. Florian und östlich von Linz bis über St. Georgen hinaus, stimmt mit den Ergebnissen über die Ausbreitung und Reichweite von Rauchfahnen nach SCHMEISS (1974) gut überein.

Auf den ersten Blick scheint eine Beweisführung, derzufolge das SO_2 den Rückgang der Flechten verursacht, schwierig.

Die neutrophilen Arten Physcia orbicularis, Physcia ascendens, Physcia tenella, Parmelia sulcata und Xanthoria parietina, die JÜRGING (1975) als SO_2-empfindlich einstuft, dringen weit ins Zentrum vor. Hypogymnia physodes verschwindet bereits in IAP-Zone 2 (äußere Kampfzone).

Auf subneutralen, basenreichen und eutrophierten Borken gilt eine andere Artenrangfolge, wie JÜRGING (1975) und HAWKSWORTH u. ROSE (1970) deutlich herausstellen. In Städten des süddeutschen Muschelkalk- und Juragebietes (Kalkstaubanflug) ist folgende Resistenzhierarchie von Flechten zu beobachten (WIRTH, 1976).

		Q-Wert im oö. Zentralraum
sehr resistente Arten:	Lecanora hageni	5,9
	Buellia punctata	7,1
	Physcia orbicularis	7,1
	Physcia ascendens	7,2
resistente Arten:	Physcia tenella	7,7
	Xanthoria parietina	7,6
empfindliche Arten:	Physconia pulverulenta	9,4
	Ramalina pollinaria	9,6
	Evernia prunastri	10,1
	Pseudevernia furfuracea	10,2

RESISTENZREIHE NACH WIRTH (1976)

In der angegebenen Reihe fehlt Parmelia sulcata (Q-Wert = 7,6), eine im Untersuchungsgebiet häufige,

weit in urbane Bereiche vordringende Spezies. JÜRGING (1975) bezeichnet sie sowhl als eine gegen SO_2 als auch gegen Staubeinwirkung widerstandsfähige Art.

Der geologische Untergrund aus neutralen bis leicht basischen, glazialen und fluviatilen Schottern und Sanden und ortsweise auch Lößauflagen verursacht in den Städten auch vorwiegend neutrophilen Flechtenbewuchs. Auch der Staubniederschlag in der Umgebung der Industriebetriebe (z.B. Chemie Linz AG) fördert die oben erwähnten Arten. Über Gneisen und Graniten der Böhmischen Masse nördlich der Donau und am Westrand von Linz (Kürnberg, Freinberg) reichen azidophile Flechten näher an das Zentrum heran. Xanthoria parietina fehlt fast vollständig in diesem Abschnitt des Untersuchungsgebietes.

In den dicht verbauten Tallagen der Traun kommt Kleinemittenten eine bedeutende luftverunreinigende Wirkung zu, wie die Inseln der Zone 5 zeigen. Die arme Flechtenvegetation im Raum Enns verursachen neben dem Hausbrand primär die Zuckerfabrik und andere Kleinemittenten. In der Umgebung von Mauthausen muß dafür das Ziegelwerk verantwortlich gemacht werden. Überraschend gering ist der Einfluß der Papierfabrik Nettingsdorf auf den Flechtenbewuchs. Wahrscheinlich werden die Abgase dieses isoliert stehenden Emittenten durch Winde sehr rasch verfrachtet und verdünnt. Die hohen IAP-Werte am Zirnberg (4/68) sind auf die dem Emittenten abgekehrte Seite beschränkt. Dieselbe Ursache hat die rasche Bereicherung des Flechtenbewuchses am Pfenningbergnordhang.

Kleinräumig sind bei Lungitz Zone 4 und 5 ausgebildet. Hier steht ein vor einigen Jahren aufgelassenes Ziegelwerk. Wahrscheinlich ist durch die Auflassung bereits die Immissionssituation günstiger, eine Neubesiedlung ist aber noch nicht feststellbar.

Eine Indikation von SO_2-Emissionen mit Hilfe der pH-Werte der Baumborken, die nach LÖTSCHERT u. KÖHM (1973) zuverlässiger ist, als eine solche mit Flechten, ist im Untersuchungsgebiet schwieriger.

3.4.5.3. Diskussion der pH-Meßergebnisse

Nur in begrenzten Fällen zeigen die Meßergebnisse eine gesicherte emissionsbedingte Beeinflussung der Aziditätsverhältnisse der Borke. So dürften die niedrigen Werte im Stadtkern von Linz (Altstadt, Bahnhofbereich, Bulgariplatz), an den das Linzer Becken gegen Norden begrenzenden Hanglagen und im Bereich Enns auf saure, gasförmige Emissionen zurückzuführen sein. Die hohen Meßwerte im Linzer Industriegebiet (Chemie Linz AG, VÖEST) sind durch basische Staubniederschläge verursacht, die bereits in Emittentennähe zu Boden fallen. Hingegen werden gasförmigen Schadstoffe über hohe Schlote abgegeben und erfahren eine weite Verbreitung, oder sie treffen bei Inversionslagen und bestimmten Windverhältnissen auf dem Pfenningbergsüdhang ("Prallhang") auf (BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963, HUFNAGL, 1957).

Eine deutliche Abhängigkeit des pH-Wertes ist vom geologischen Untergrund her zu erkennen. Er ist niedriger über Gneisen und Graniten, höher über den eiszeitlichen und fluviatilen Sedimenten südlich der Donau.

Die verschiedenen Bewirtschaftungsformen dürften die geologisch bedingten Differenzen noch verstärken. Staubanwehungen im beinahe waldfreien Ostteil der Traun-Enns-Platte und auf niederösterreichischem Gebiet erhöhen die pH-Werte bis gegen den Neutralbereich. Zahlreiche größere Wälder und kleine Feldgehölze im westlichen Teil der Traun-Enns-Platte (Ansfelden, St. Florian, Tillysburg) schränken diese Erscheinung ein.

Wie weit sich die verschiedenen Sorten von Birn- und Apfelbäumen in ihrer chemischen Rindenbeschaffenheit unterscheiden, ist schwer abzuschätzen, ebenso der Einfluß des Baumalters.

4. ÖKOLOGISCHE CHARAKTERISTIK UND VERBREITUNG HÄUFIG VORKOMMENDER FLECHTENARTEN

Die erste Zahl in der Klammer gibt die Anzahl der Bäume, die zweite die Anzahl der Stationen an, an denen die betreffende Art vorkommt.

Cladonia fimbriata (L.) Sandst. (120/103)

wächst bevorzugt an feuchten, morschen Stammbasen von Birnbäumen. Das Auftreten im Untersuchungsgebiet ist beschränkt auf die Traun-Enns-Platte und auf die stadtfernen Teile des Mühlviertels. Sie ist eine sehr feuchtigkeitsbedürftige Art, die die Stadtnähe meidet.

Ramalina pollinaria (Ach.) Ach. (261/198) Verbreitungskarte 1

Diese Bandflechte bevorzugt das saure Substrat der Birnbäume. JÜRGING (1975) stuft sie als Feuchtezeiger ein. Für ihr optimales Gedeihen braucht sie frühnebelreiche Lagen oder Standorte, die morgens lang im Schatten liegen. Daher besiedelt sie vor allem ältere Bäume mit weit ausladenden Kronen im stadtfernen, nebelreichen Freiland. Gegen Raucheinwirkungen ist sie empfindlich.

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf (27/25) Verbreitungskarte 2

ist eine azidophile Strauchflechte, die nur vereinzelt auf Birnbäumen anzutreffen ist. Wegen ihrer geringen Pufferkapazität reagiert sie sehr empfindlich gegen Immissionen.

Evernia prunastri (L.) Ach. (196/148) Verbreitungskarte 3

wächst nur auf Birnbäumen. GILBERT (1969) und KIRSCHBAUM et al. (1974) bezeichnen sie als eine der rauchempfindlichsten Arten. Gegen die innere Verbreitungsgrenze zu sind die Thalli nur maximal 1 cm groß. SCHMIDT (1973) erwähnt die starke Vorliebe dieser Flechte für hohe Luftfeuchtigkeit. Schon allein ungünstigere Feuchtigkeitsbedingungen können eine verminderte Vitalität und Häufigkeit zur Folge haben. Im östlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes tritt sie daher nur spärlich auf. Sie weicht den immissionsbelasteten Gebieten aus.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl. (= Parmelia physodes (L.) Ach.) (203/153) Verbreitungskarte 4

Sie ist eine ziemlich azidophile Art. Auf geeignetem Substrat reicht sie weit in die Stadt hinein (vgl. KIRSCHBAUM et al., 1974, DJALALI, 1974). Es wird ihr eine relativ hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Luftverunreinigungen beigemessen. Nach Beobachtungen von BESCHEL (1958) und SCHMIDT (1973) bevorzugt sie schattig-feuchte Verhältnisse. Apfel- und Birnbäume scheinen kein geeignetes Substrat zu sein. Dazu schränken Staubeinwirkungen ihre Verbreitung ein.

Parmelia caperata (L.) Ach. (47/42) Verbreitungskarte 5

Relativ selten im Freiland auftretende, sehr immissionsempfindliche Art.

Parmelia flaventior Stirt. (= Parmelia andreana (Müll.) Arg.) (308/223) Verbreitungskarte 6

Ähnelt morphologisch und in ihrer Färbung stark Parmelia caperata. Mit Hilfe einer Farbreaktion sind die beiden Arten sicher unterscheidbar. Besonders feuchtebedürftig scheint diese Art nicht zu sein (vgl. SCHMIDT, 1973) und tritt daher östlich der Enns relativ häufig auf. Häufig auftretende Lappenbräunung in schwach belasteten Gebieten deuten auf die Empfindlichkeit dieser Art hin.

Parmelia scortea Ach. (372/231) Verbreitungskarte 7

Birn- und Apfelbäume scheinen ein geeignetes Substrat für diese Flechte zu sein. An Birnbäumen erreicht sie oft Deckungsgrade bis über 90 %. In Stadtnähe zeigen die Thalluslappen rosa-bräunliche Verfärbungen, die auf Luftverunreinigungen zurückgehen dürften. SCHMIDT (1973) und JÜRGING (1975) werten sie als recht empfindlichen Indikator gegen Luftverunreinigungen. Am Südrand und Nordrand des Arbeitsgebietes wächst sie auf fast jedem Baum. In den etwas tiefer gelegenen, immissionsbelasteten Flußtälern ist sie selten.

Parmelia sulcata Th. Tayl. (721/365) Verbreitungskarte 8

Sie ist nach Physcia orbicularis die im Untersuchungsgebiet am häufigsten vorkommende Flechte. Nur im Stadtzentrum von Linz und bei Traun fehlt sie. Ein hohes Maß an Toxitoleranz und nur mittlere Feuchtigkeitsansprüche führen zu diesem gehäuften Auftreten. SKYE (1968) wies für Parmelia sulcata eine hohe Pufferkapazität nach, dadurch ist sie wahrscheinlich gegen nicht zu hohe SO_2-Einwirkungen resistent. Bei zunehmender Belastung nimmt der Deckungsgrad rasch ab. Braun-rote Verfärbungen der Lappenränder, wie sie an der inneren Verbreitungsgrenze häufig vorkommen, dürften Immissionen verursachen. Abgestorbene Flechtenthalli sind gehäuft an Wasserabflußstreifen.

Parmelia subrudecta Nyl. (Parmelia dubia (Wulf.) Schaer.) (283/207) Verbreitungskarte 9

Ökologisch-soziologisch verhält sich diese Art ähnlich wie Parmelia flaventior (SCHMIDT, 1973). Seiner Ansicht nach dürfte Parmelia subrudecta etwas weniger empfindlich gegen Stadteinflüsse sein. Im oö. Zentralraum verhält sich diese Art ebenfalls ähnlich; beide wachsen auf einem Großteil der Fundstellen gemeinsam. Birnbäume sind bevorzugte Phorophyten.

Parmelia exasperatula Nyl. (307/231) Verbreitungskarte 10

Auf Birn- und Apfelbäumen ungefähr gleich häufig auftretend. Selten erreicht sie hohe Deckungsgrade. Über Graniten und Gneisen kommt Parmelia exasperatula relativ selten vor, was auf eine nicht sehr hohe Azidophilie hinweist. Daß sie trockene Standorte meidet (SCHMIDT, 1973) konnte nicht nachgewiesen werden. Das Stadtgebiet erreicht sie nirgends.

Physcia orbicularis (Neck.) DR. (1079/430) Verbreitungskarte 11

Häufigste Art im Untersuchungsgebiet. Sie ist sogar im Zentrum von Linz relativ oft, wenn auch in verkümmerten Exemplaren, anzutreffen. Sie ist eine stark neutrophile Flechtenart, deren Widerstandsfähigkeit im Arbeitsgebiet primär auf die geologischen Verhältnisse zurückgeht. Ihre ökologische Breite beweist das nicht seltenere Vorkommen nördlich der Donau. Am Stamm bevorzugt sie die morschen, gut durchfeuchteten Bereiche. Sie ist daher meist auf die West-Exposition beschränkt.

Physcia ascendens Bitt. (545/333)
Physcia tenella DC. em. Bitt. (292/223)

Beide Arten besiedeln gern wegen des geringeren Säuregrades die Borken der Apfelbäume. Sie sind ausgesprochene Neutrophyten. Gemeinsam mit Physcia orbicularis dringen sie sehr weit in Immissionszonen vor, sind aber nicht so trockenheitsverträglich. In luftreinen Bereichen treten sie deckungsgradmäßig gegenüber großlappigen Blattflechten in den Hintergrund.

Physconia pulverulenta (Schreb.) Poelt (= Physcia pulverulenta (Schreib.) Hampe) (73/66)

stark neutrophile Flechtenart, die zahlreiche Stämme von Apfelbäumen besiedelt. Sehr häufig tritt sie an etwas trockeneren, lichtreicheren Standorten im Ackerbaugebiet auf.

Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt (207/160)

Diese Physconia-Art besiedelt gerne die Borken älterer, rissiger Birnbäume. Daß sie streng auf die feuchtigkeitsbegünstigten Stammabschnitte beschränkt ist, läßt auf ihr hohes Feuchtigkeitsbedürfnis schließen. Immissionen verträgt sie schlecht. Sie ist bis auf einzelne Ausnahmen auf die Traun-Enns-Platte und das Mühlviertel beschränkt.

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. (533/299) Verbreitungskarte 12

Wächst in luftreinen und nicht allzu stark immissionsbelasteten Gebieten zahlreich an Apfelbäumen. Bäume, die reichlichem Staubanflug ausgesetzt sind, tragen die schönsten Exemplare. Gegen Immissionen scheint die gelbe Wandschüsselflechte relativ empfindlich zu sein. Mehrere Autoren beschreiben eine Grünverfärbung der sonst dottergelben Thalli bei SO_2-Einfluß (z.B. SCHMIDT, 1973). Im oö. Zentralraum ist ihre Verbreitung außer durch ihre Abgasempfindlichkeit durch die geologischen Verhältnisse bestimmt. Über sauren Böden gedeiht sie äußerst selten, hingegen zahlreich im östlichen Abschnitt des Arbeitsgebietes.

Candelariella xanthostigma (963/407) Verbreitungskarte 13

Candelariella xanthostigma ist nach Physcia orbicularis die häufigste Art. Ohne deutliche Bevorzugung eines der beiden gewählten Substrate gedeiht sie gut auf Apfel- wie auf Birnbäumen. Sie scheint eine weite ökologische Amplitude zu haben (SCHMIDT, 1973). Ihr niedriger Q-Wert (Toxitoleranzwert) kennzeichnet sie im Untersuchungsgebiet als eine recht widerstandsfähige Spezies. DJALALI (1974) billigt ihr nach ihrem Auftreten in Stuttgart keine so hohe Toxitoleranz zu.

Candelaria concolor (Dicks.) Steiner (201/171)

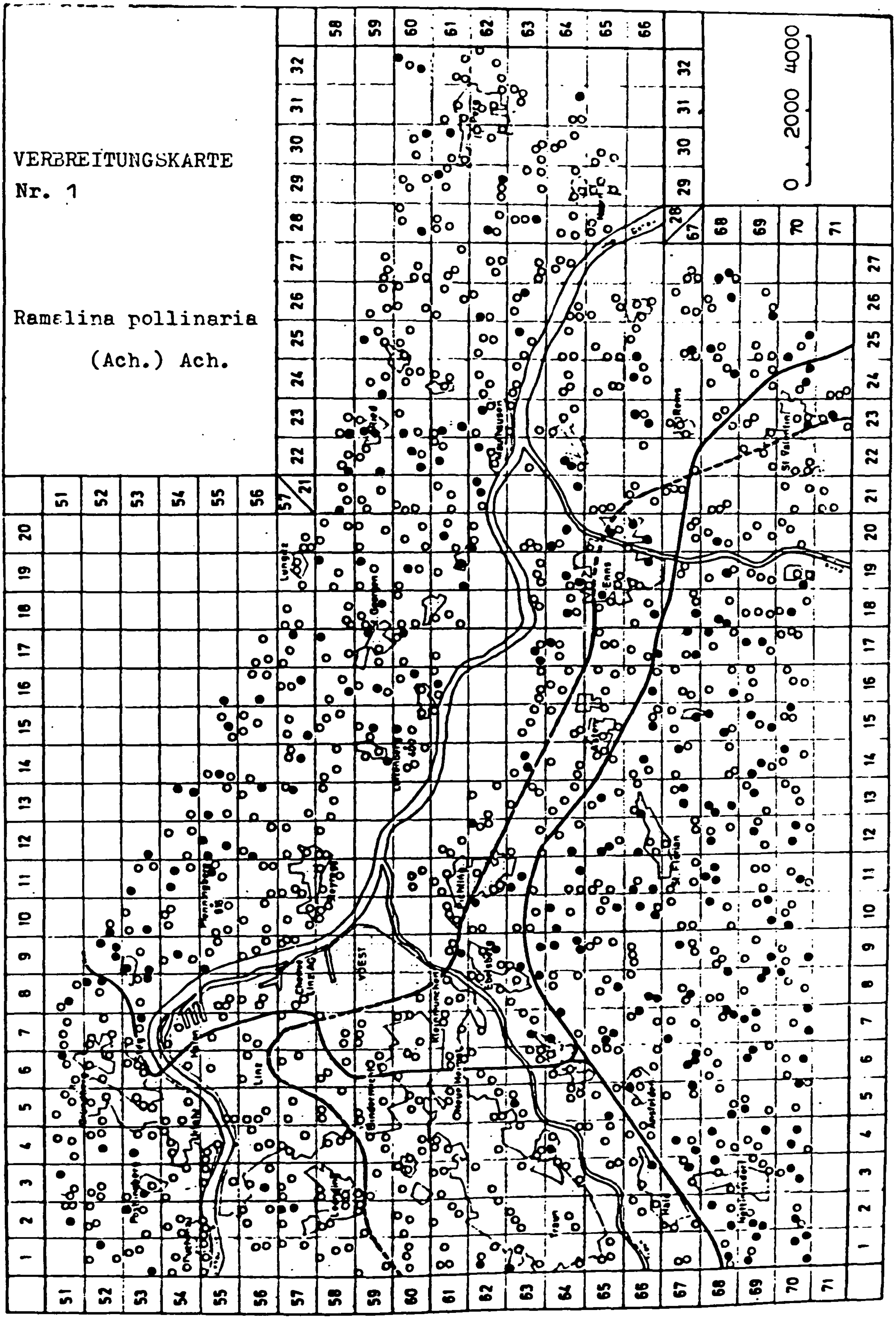
ist empfindlicher als die farblich ähnliche Candelariella xanthostigma. Gegen die innere Verbreitungsgrenze zu ist sie wegen ihres Kümmerwuchses nicht leicht von Candelariella xanthostigma zu unterscheiden. SCHMIDT (1973) beurteilt sie als eine kalte Standorte meidende Art.

Pertusaria albescens var. albescens (Huds.) Choisy (80/73)
Pertusaria albescens var. globulifera Turn. (= Pertusaria globulifera (Turn.) Massal.) (254/159)
Pertusaria albescens (Huds.) Choisy var. corallina Zahlbr. (253/201)

Die beiden letztangeführten Pertusaria-Arten gedeihen sowohl auf Apfel- als auch auf Birnbäumen gut. Pertusaria albescens var. albescens bevorzugt allerdings die Apfelbaumborke. Trockene Standorte meiden alle drei Arten.

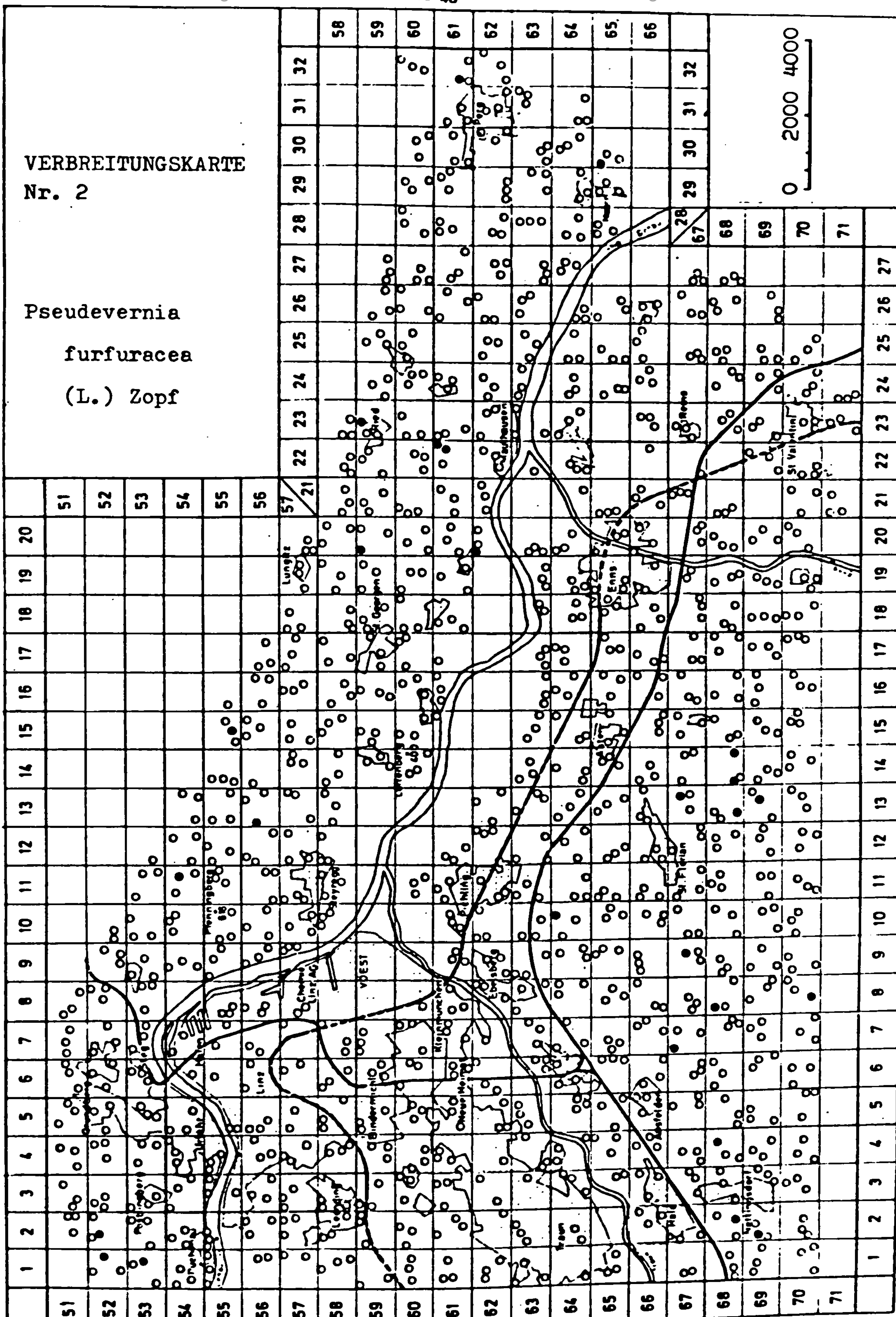
Buellia punctata (Hoffm.) Massal. (656/373) Verbreitungskarte 14

Sie und Physcia orbicularis haben den niedrigsten Q-Wert (7,1). Im Zentrum und im Industriegebeit der Landeshauptstadt ist sie oft allein anzutreffen. Die toxitolerante Buellia punctata zeichnet sich durch eine enorme Trockenresistenz aus. An reich mit Flechten bewachsenen Stämmen zieht sie sich wegen der Konkurrenz durch Blattflechten in Borkenrisse zurück.


VERBREITUNGSKARTE
Nr. 1
Ramalina pollinaria
(Ach.) Ach.
0 2000 4000
VOEST
Linz
Enns

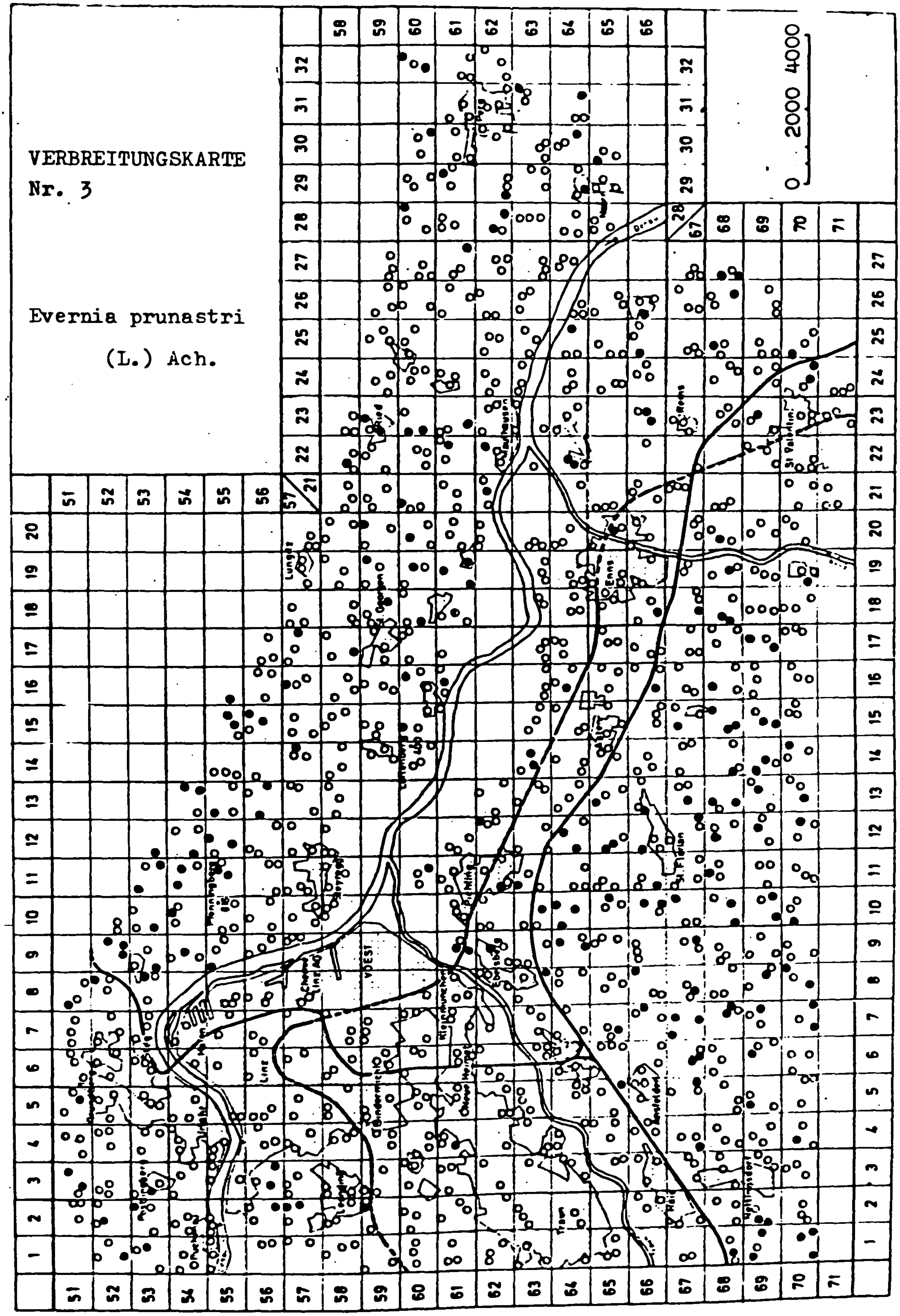
VERBREITUNGSKARTE
Nr. 2

Pseudevernia
furfuracea
(L.) Zopf



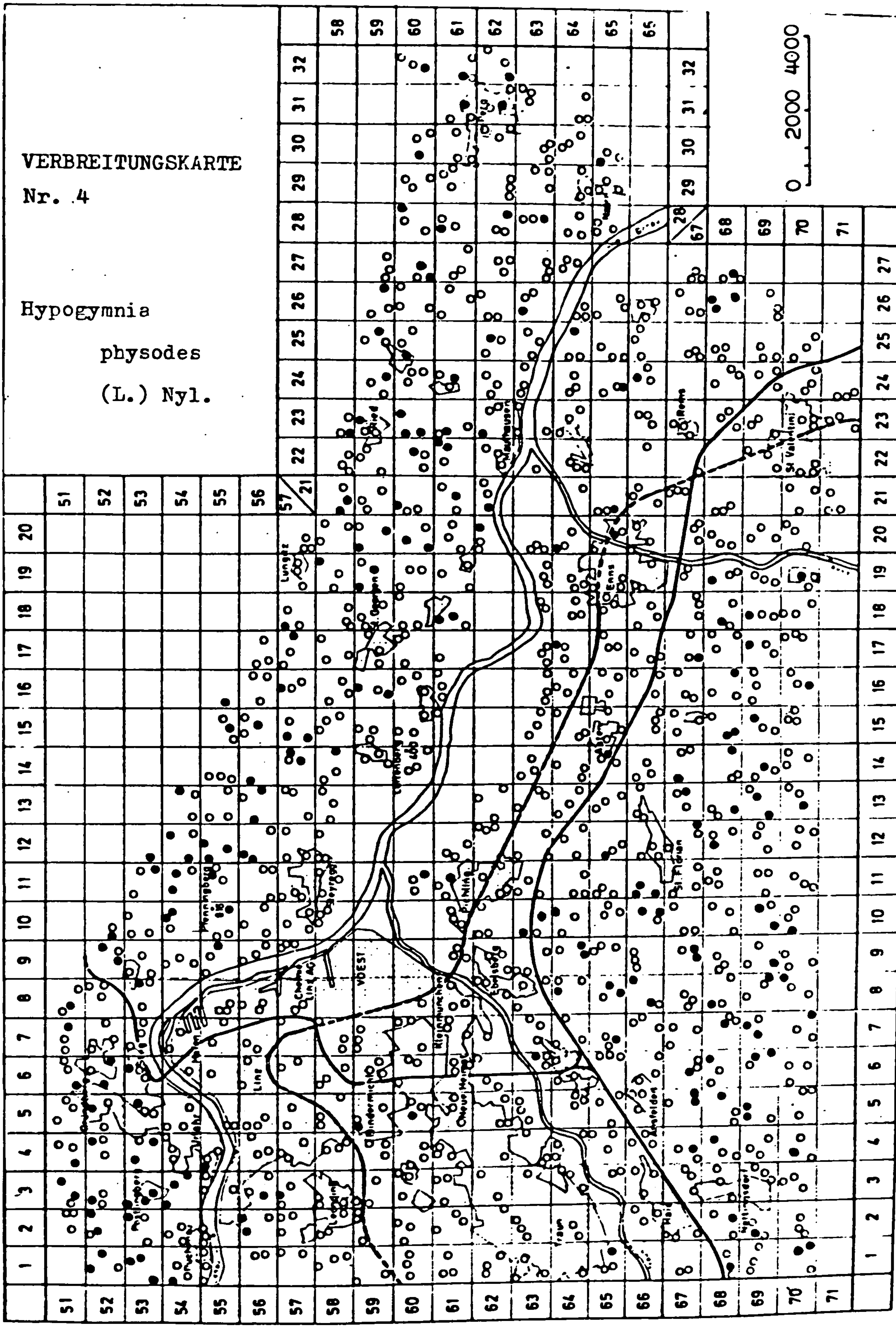
VERBREITUNGSKARTE
Nr. 3

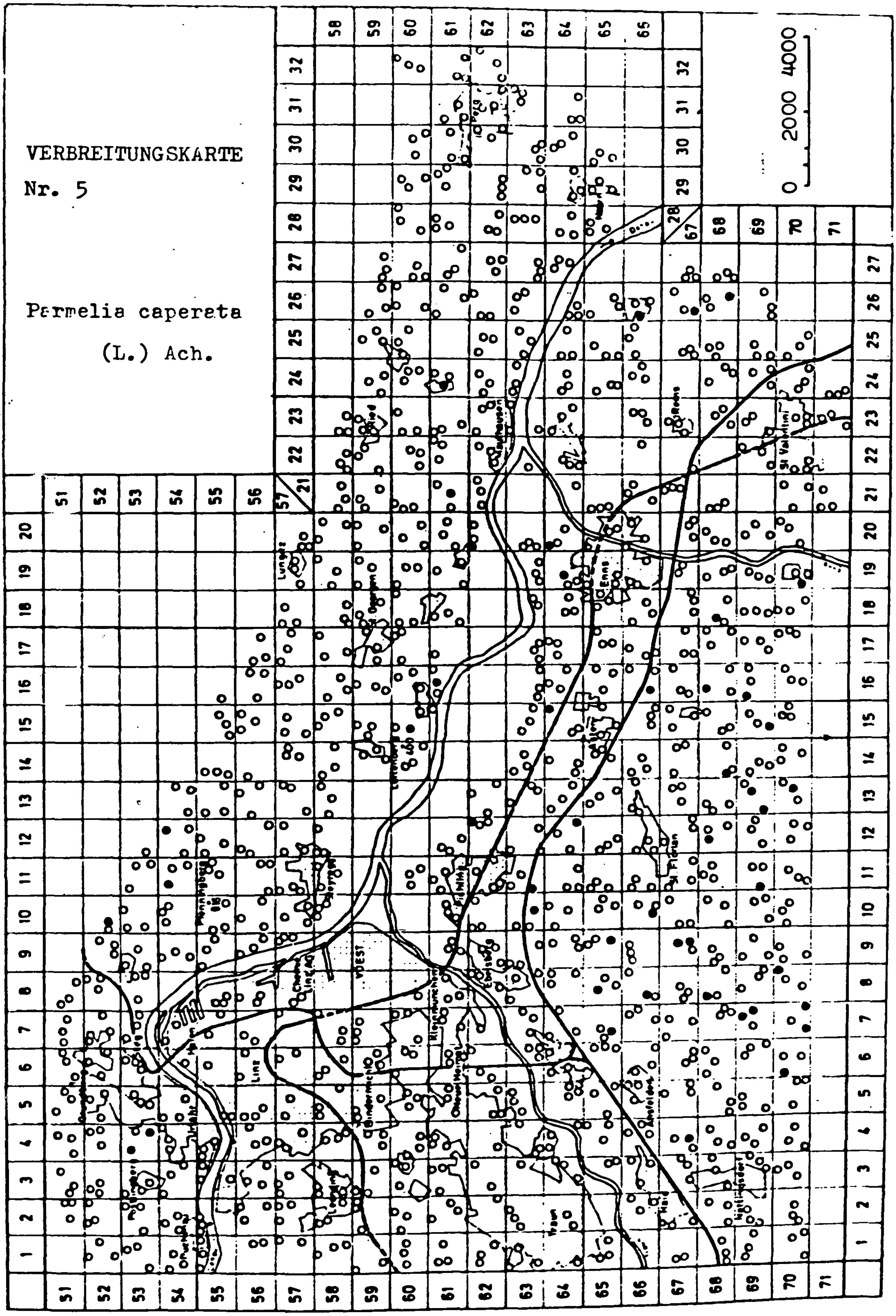
Evernia prunastri (L.) Ach.



VERBREITUNGSKARTE
Nr. 4

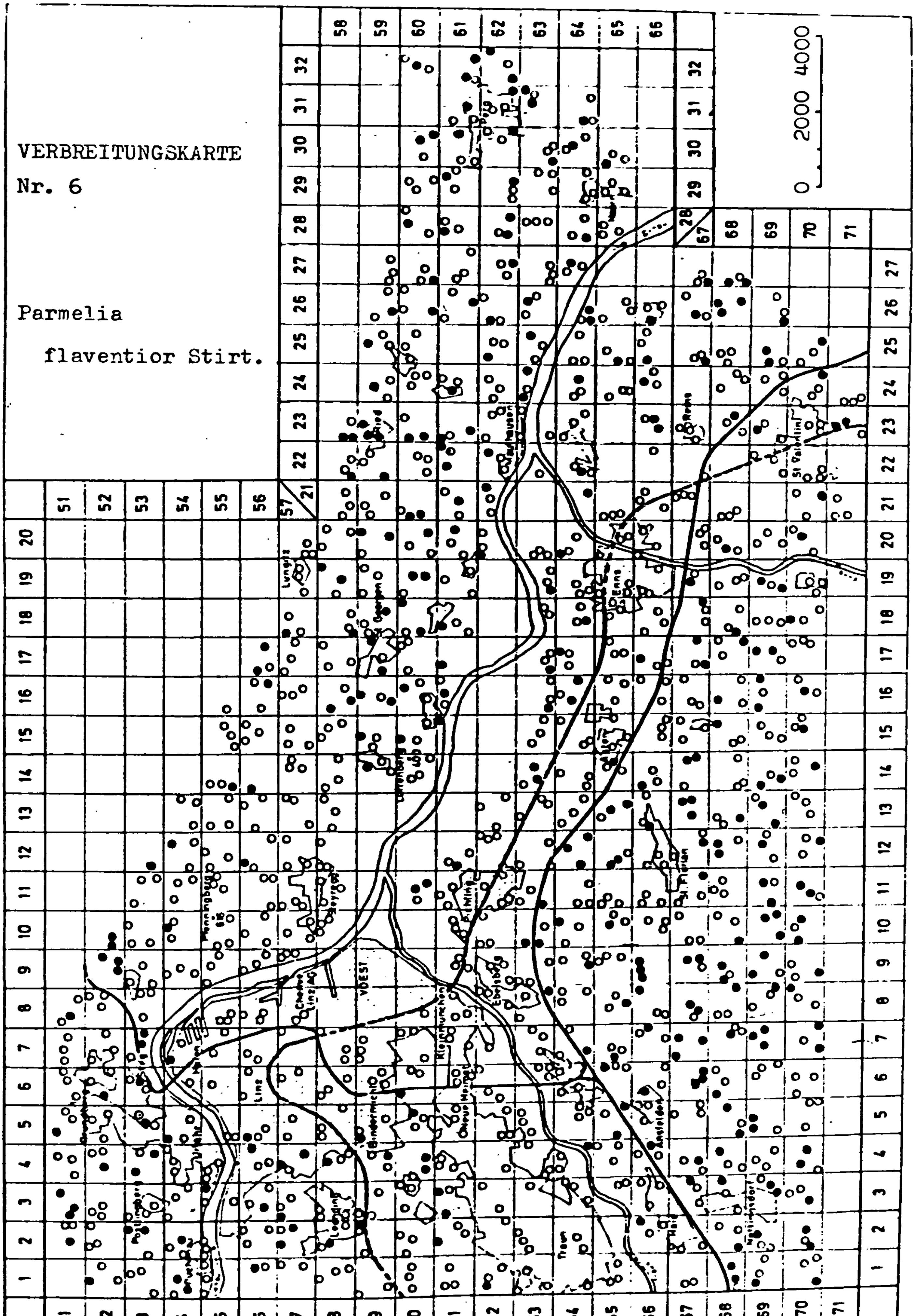
Hypogymnia
physodes
(L.) Nyl.

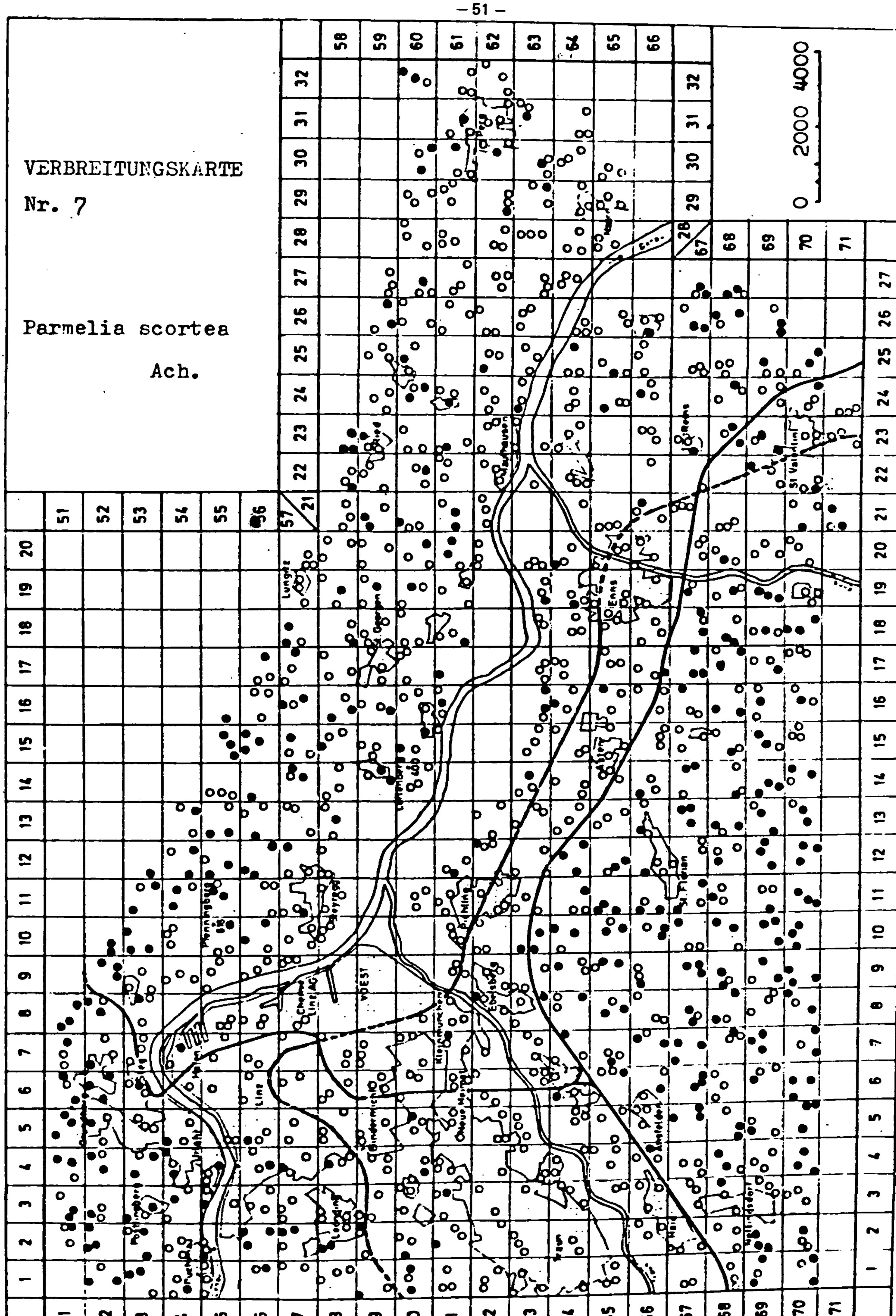


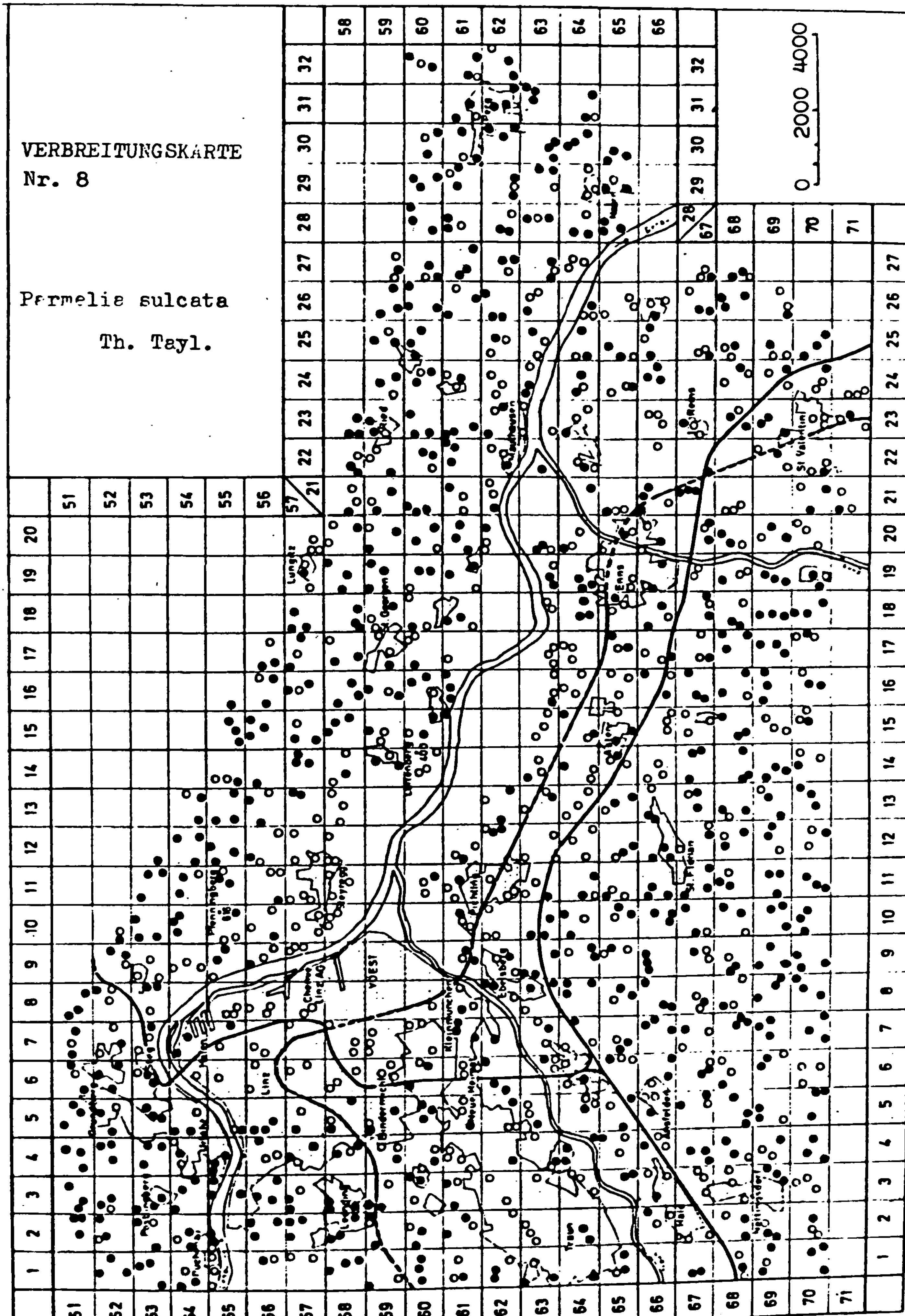

VERBREITUNGSKARTE
Nr. 5
Parmelia caperata
(L.) Ach.
0 2000 4000
Linz
Enns
VOEST

VERBREITUNGSKARTE
Nr. 6

Parmelia
flaventior Stirt.

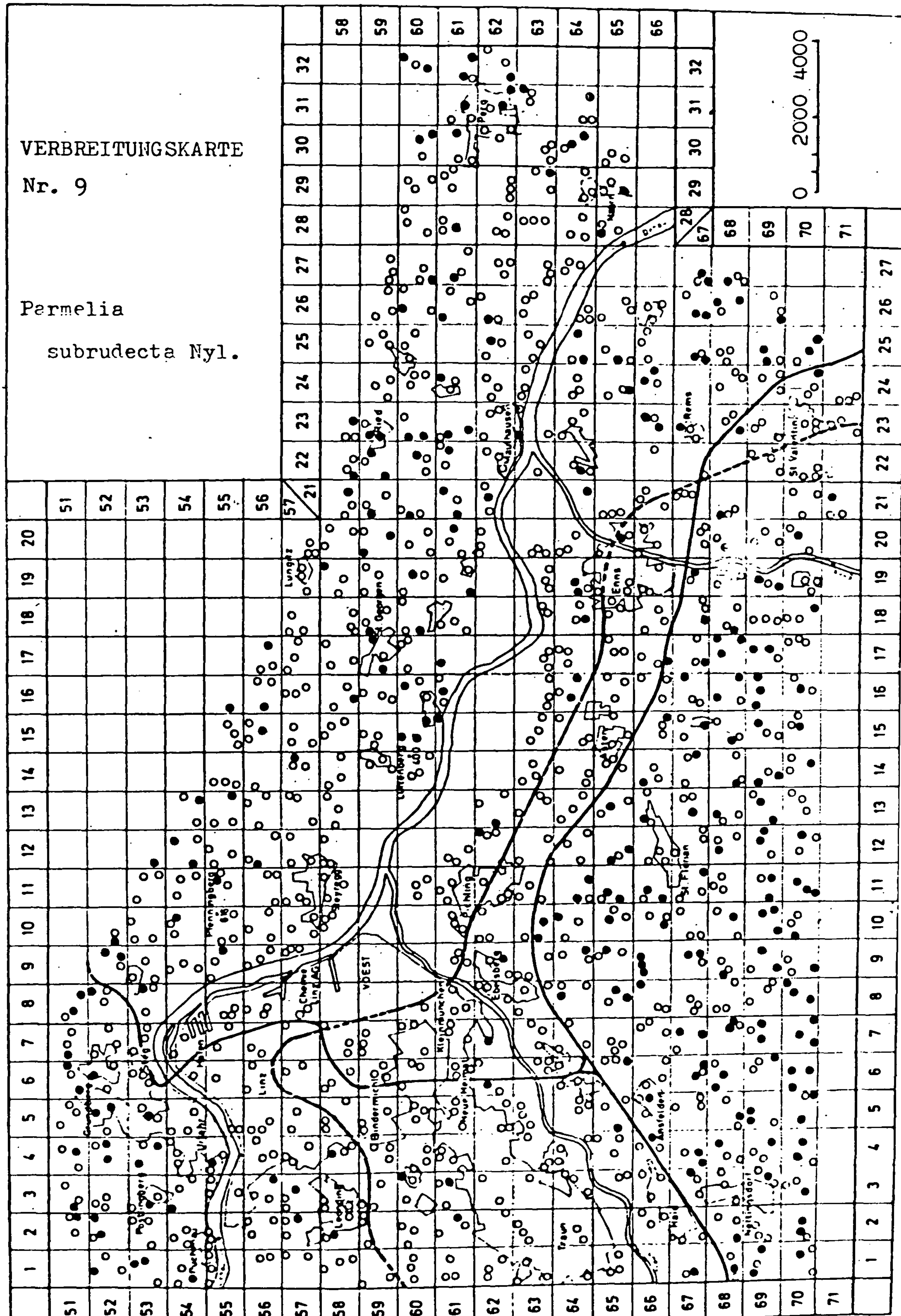


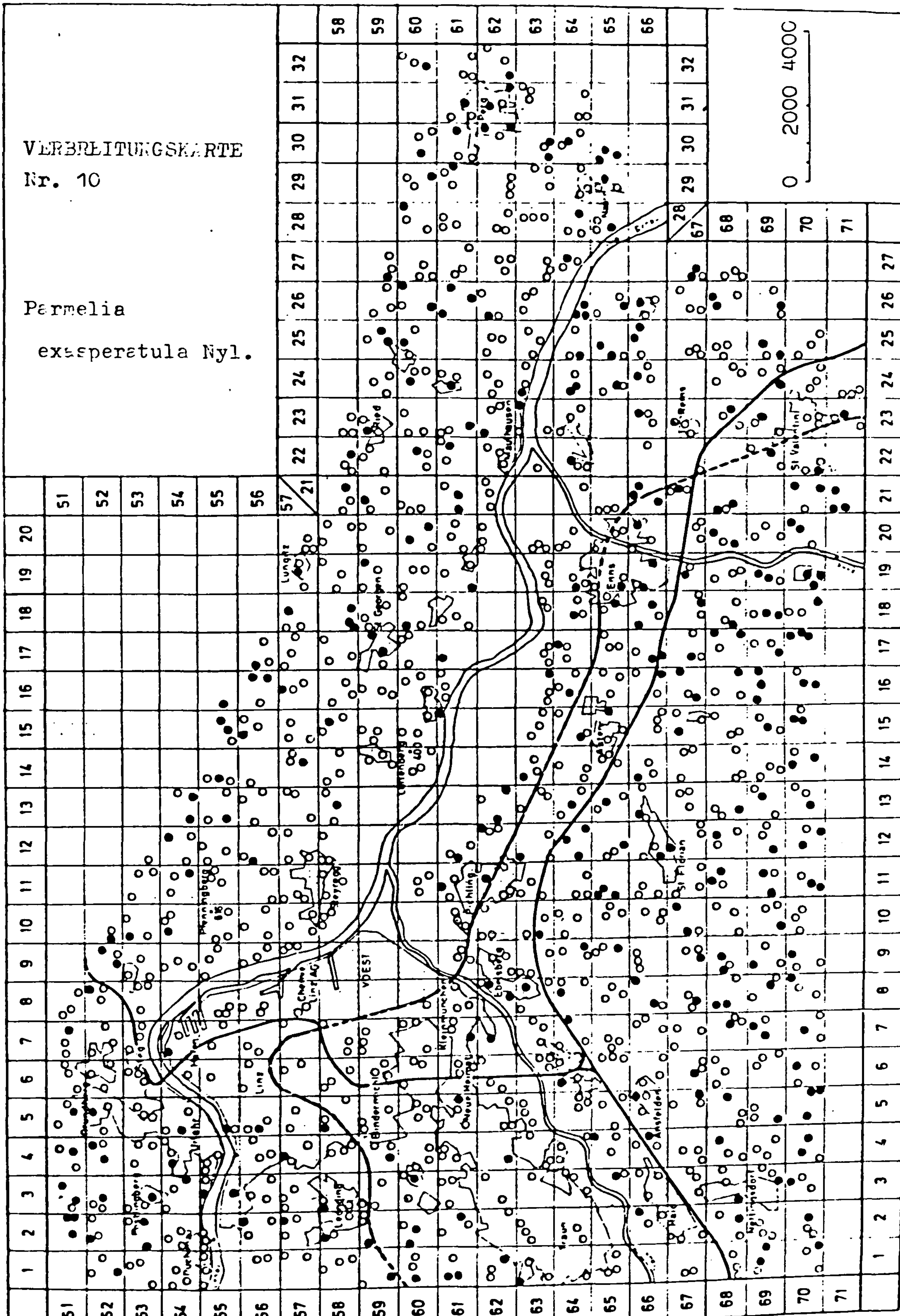

VERBREITUNGSKARTE
Nr. 7
Parmelia scortea
Ach.
0 2000 4000


VERBREITUNGSKARTE
Nr. 8
Parmelia sulcata
Th. Tayl.
0 2000 4000
Linz
VOEST
Enns
St. Valentin
St. Florian
Traun

VERBREITUNGSKARTE
Nr. 9

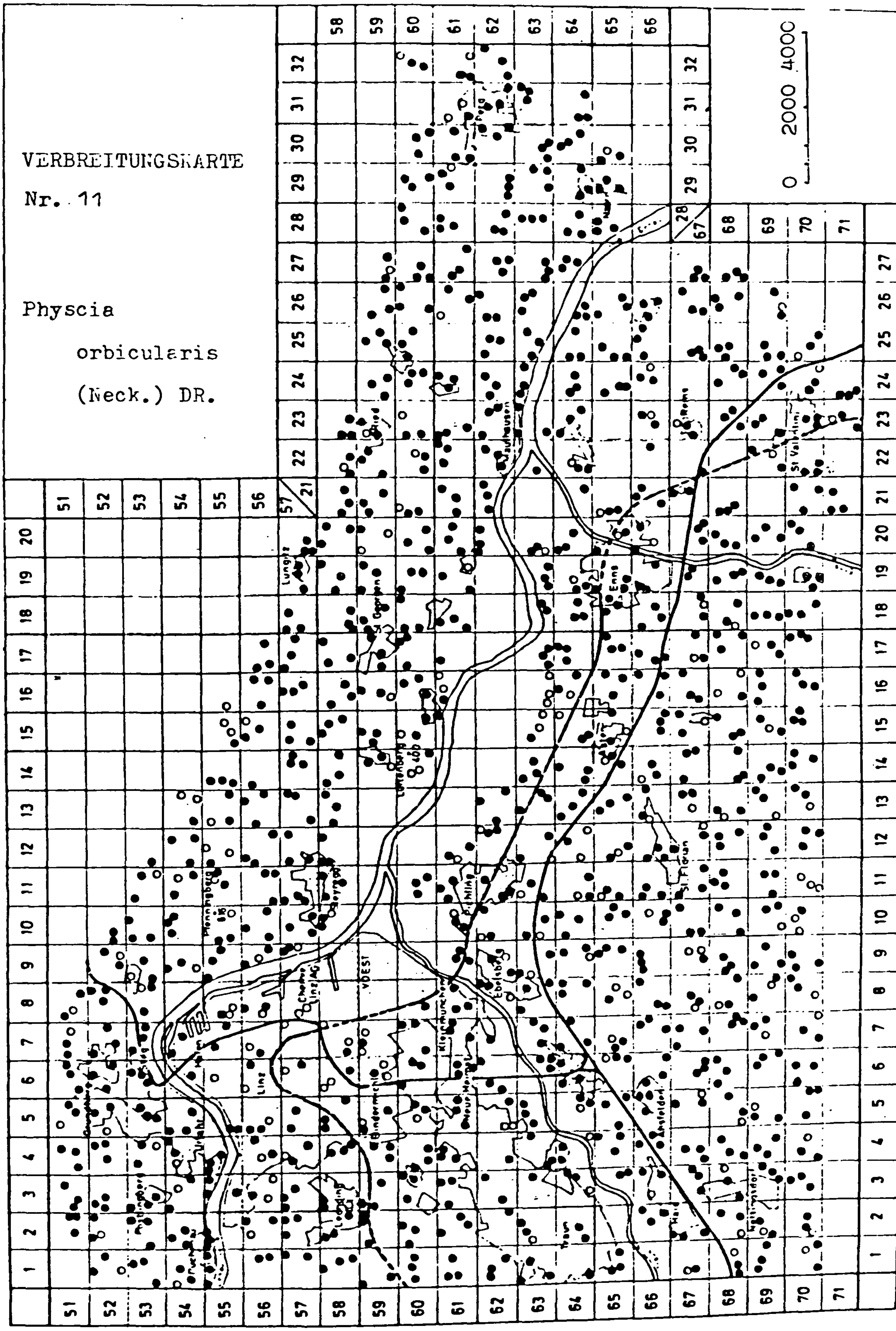
Parmelia subrudecta Nyl.




VERBREITUNGSKARTE
Nr. 10
Parmelia
exasperatula Nyl.
0 2000 4000
Linz
VOEST
Enns
St Florian
Ansfelden
Traun
St Valentin

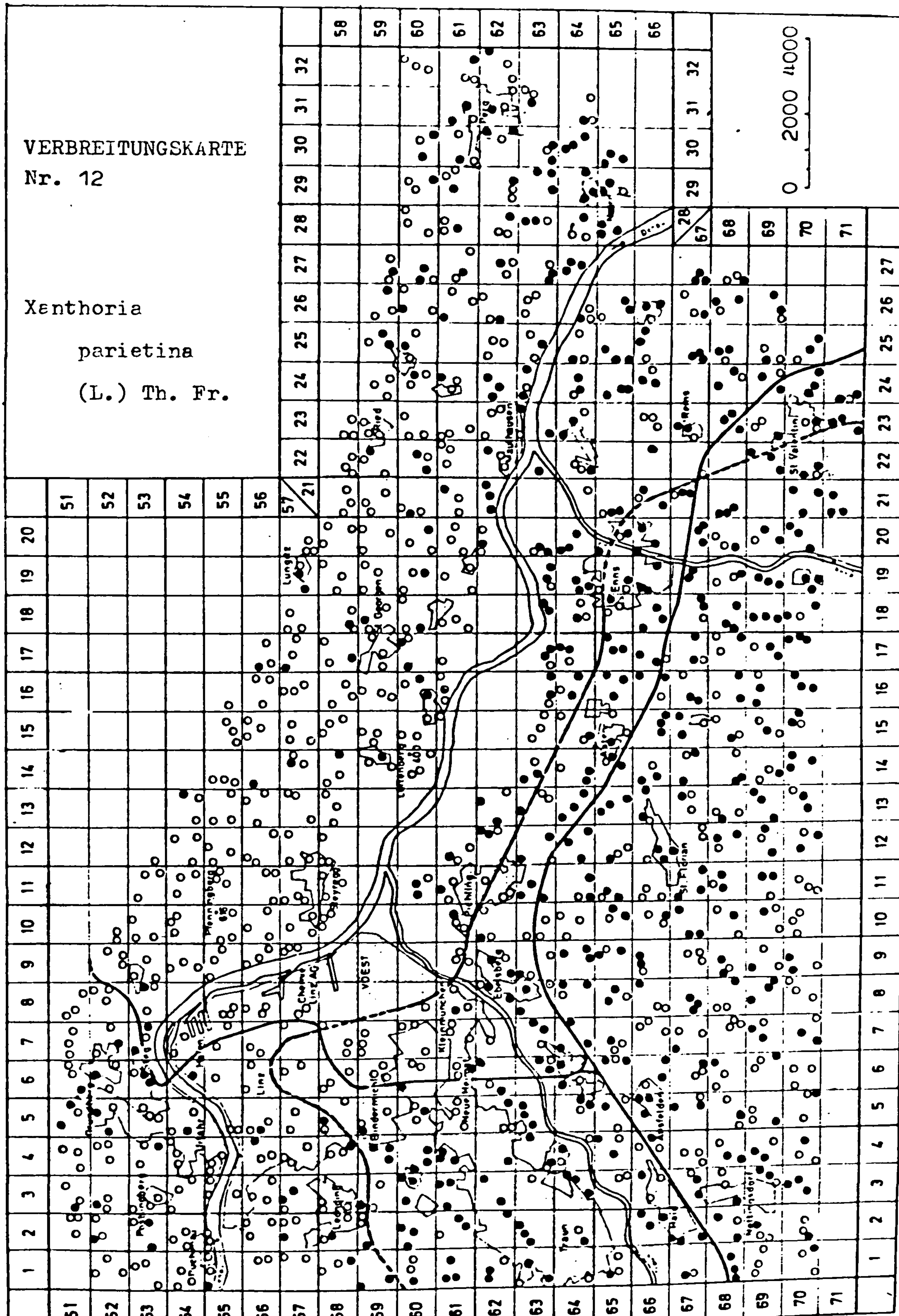
VERBREITUNGSKARTE
Nr. 11

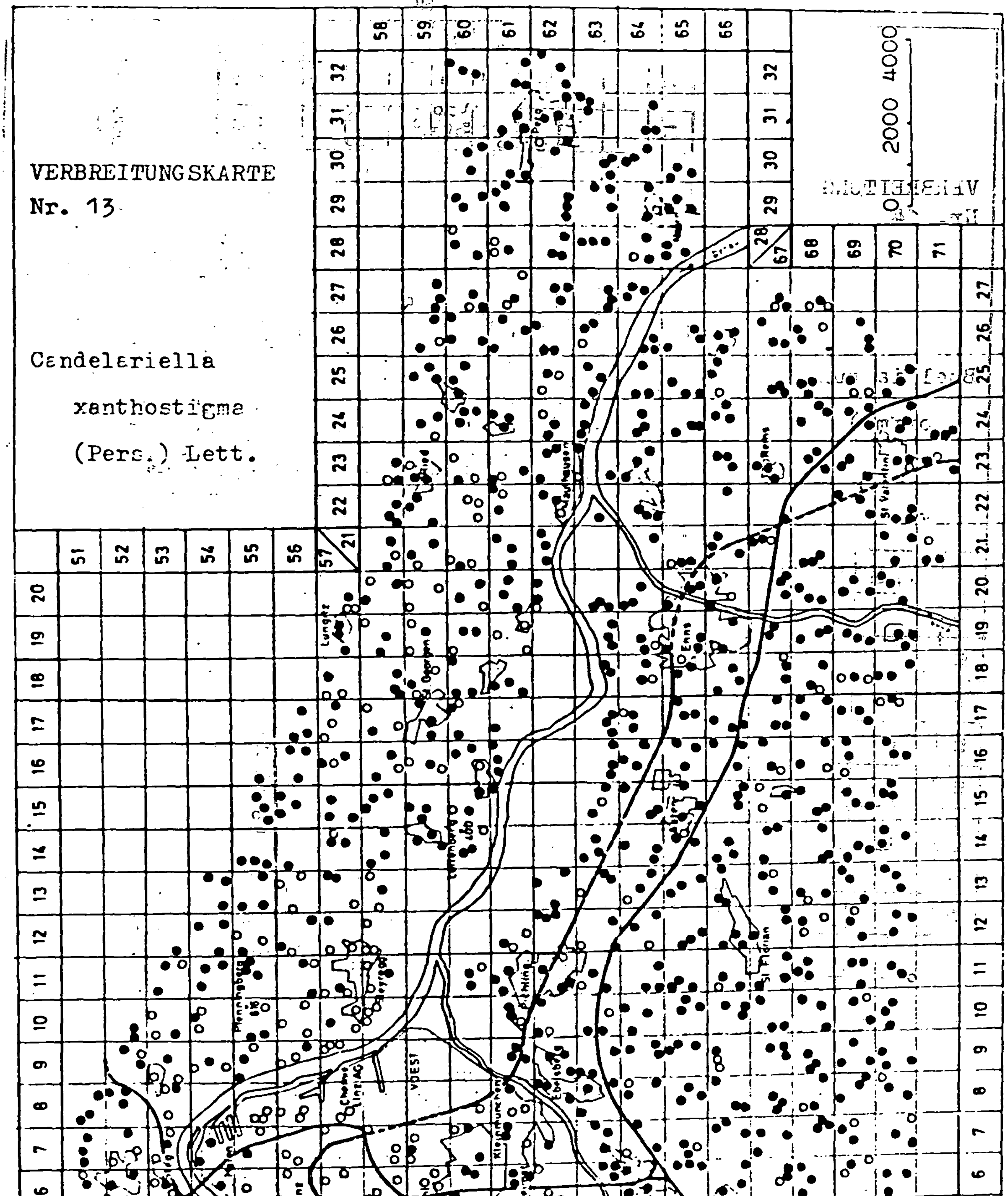
Physcia orbicularis (Neck.) DR.



VERBREITUNGSKARTE
Nr. 12

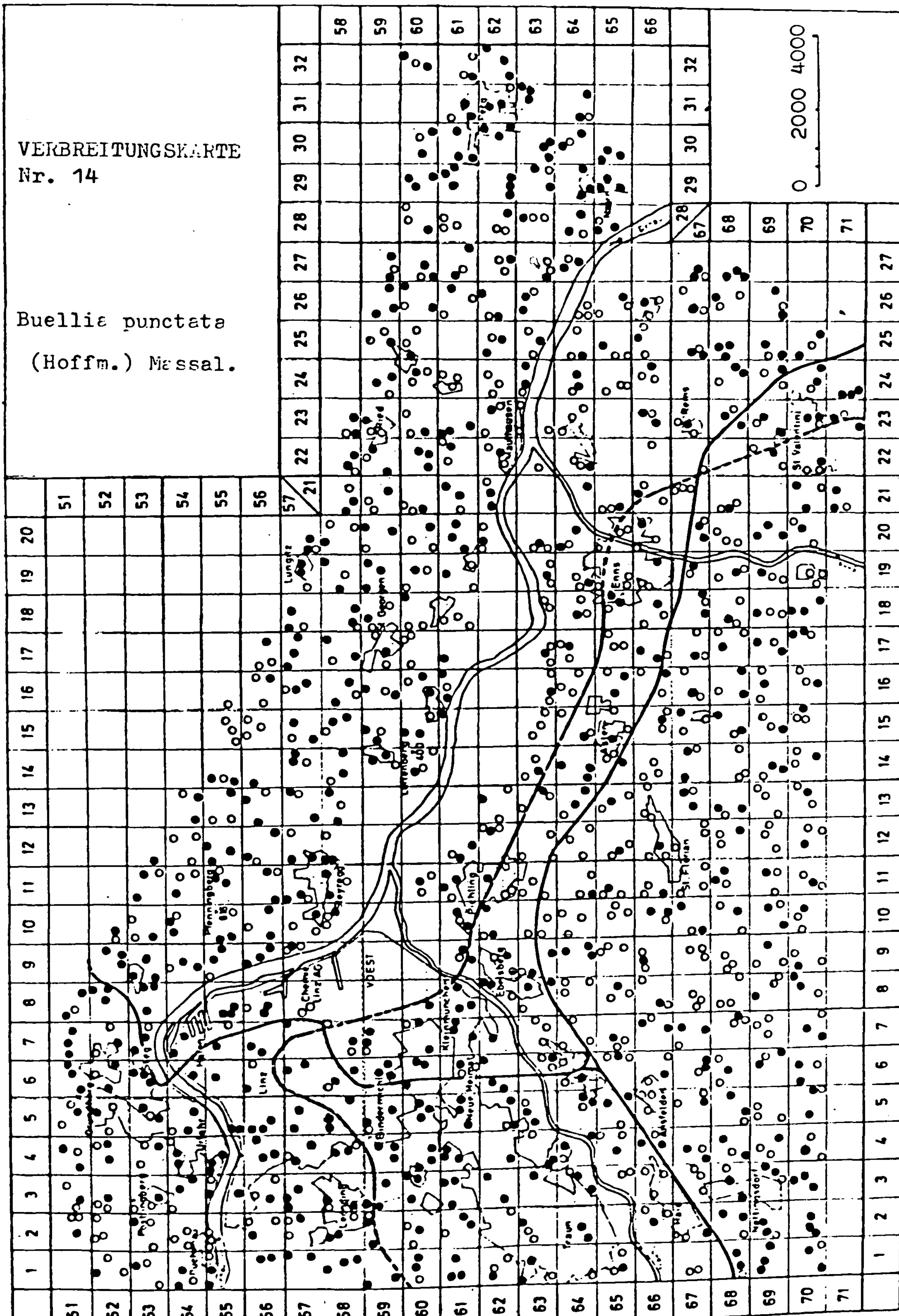
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.




VERBREITUNGSKARTE
Nr. 13
Candelariella
xanthostigma
(Pers.) Lett.
VOEST
Linz
Enns
Traun

VERBREITUNGSKARTE
Nr. 14

Buellia punctata
(Hoffm.) Massal.



5. FLECHTENVEREINE

Die Einordnung des Flechtenbewuchses in das pflanzensoziologische System macht Schwierigkeiten, ist doch in einem Großteil des Arbeitsgebietes der Flechtenbewuchs geschädigt und verarmt. Überdies ist durch die Beschränkung auf nur zwei Baumarten das Aufnahmematerial zu speziell, um klar abgrenzbare systematische Einheiten aufstellen zu können.

In ihrer Zusammensetzung kommt die Flechtenvegetation den Vereinen des Xanthorion parietinae (OCHSNER, 1928) am nächsten. Übereinstimmend gelten diese Vereine als photophil, xerophil, neutro- bis schwach basiphil und teilweise nitrophil (OCHSNER, 1928, KLEMENT, 1955, BESCHEL, 1958, WILMANS, 1962, BARKMAN, 1969).

Charakterarten des Xanthorion parietinae:

Xanthoria parietina
Physcia ascendens
Physcia tenella
Parmelia exasperatula
Parmelia fuliginosa
Ramalina pollinaria

Innerhalb dieses Verbandes sind drei Vereine, teilweise mit Varianten, ausgebildet.

1. **Physcietum ascendentis (OCHSNER)**

Ein ausgesprochen neutrophiler Flechtenverein, der durch Staubanflug gefördert wird.

Charakterarten:

Physcia ascendens
Physcia tenella
Physcia stellaris
Physcia aipolia
Physcia orbicularis
Physconia pulverulenta (KLEMENT, 1953)

Je nach Standortsbedingungen kommt es zur Ausbildung mehrer Varianten.

a) Typische Ausbildung des Physcietum ascendentis (WILMANS): Physcietum physciosum ascendentis

Diese Form ist die am meisten basiphile Variante des Physcietum ascendentis. Daher ist sie vorwiegend auf Apfelbäumen in Straßennähe (Staubanflug) ausgebildet.

b) Variante mit dominierender Physcia orbibularis (BESCHEL): Physcietum physciosum orbicularis

Die Charakterart Physcia orbicularis stellt häufig die alleindeckende oder alleinvorkommende Art dar. Diese artenarme Variante ersetzt das Physcietum physciosum ascendentis gegen die Stadtkerne hin (BESCHEL, 1958).

c) Variante mit dominierender Xanthoria parietina (OCHSNER): Physcietum xanthoriosum parietinae

KLEMENT (1955) nennt sie eine ausgesprochen trockenheitsbeständige Variante, die vornehmlich über kalkreichen Verwitterungsböden auftritt. Sie verträgt hohe Strahlungsintensitäten. Apfelbäume tragen oft einen solchen Bewuchs. In Städte dringt diese Artenzusammensetzung nicht ein.

d) Ramalina pollinaria Variante (BESCHEL)
Physcietum ramalinosum pollinariae

Diese feuchtigkeitsbedürfte, neutrophile Einheit ist ausschließlich in sehr nebelreichen Lagen anzutreffen. Grobrissige und morsche Borken von Birnbäumen auf der Traun-Enns-Platte zeigen diesen von Ramalina pollinaria geprägten Bewuchs.

e) Variante mit dominierender Parmelia scortea (WILMANS): Physcietum parmelietosum scorteae (Parmelietum parmelietosum scorteae bei OCHSNER)

Diese die Birnbaumborke bevorzugende Variante des Physcietum ascendentis ist schwach neutrophil. Parmelia-Arten kommen dazu. Nach WILMANS (1962) vermittelt dieser Typ zum Parmelietum acetabuli.

2. **Parmelietum acetabuli (OCHSNER)**

Die Abgrenzung gegen das Physcietum ascendentis ist schwierig (siehe Physcietum parmelietosum scorteae). Wie bei WILMANS (1962) wird die Trennung gegenüber dem Physcietum ascendentis durch das Auftreten von mehr Charakterarten des Parmelietum caperatae als des Physcietum ascendentis gezogen.

Hinsichtlich der Photophilie besteht kein Unterschied zum Physcietum ascendentis. Bei genügender Feuchtigkeit verdrängen aber die großblättrigen Parmelia-Arten die Physcien. Infolge höherer Feuchtigkeitsansprüche gedeiht dieser Verein besser auf Birnbäumen.

OCHSNER (1928) führt folgende charakteristische Arten an:

Parmelia acetabulum, Anaptychia ciliaris, Parmelia scortea, Parmelia fuliginosa, Parmelia sulcata, Parmelia caperata.

Parmelia acetabulum und Anaptychia ciliaris bezeichnet er als Charakterarten. Im Untersuchungsgebiet fehlen sie bis auf wenige Ausnahmen. Das Auftreten der anderen Arten rechtfertigt die Aufstellung dieses Vereins.

3. **Parmelietum caperatae (FELFÖLDY, nach BESCHEL)**

Dieser mäßig azidophile Flechtenverein bevorzugt schwach saure Substrate. Seine Feuchtigkeitsansprüche sind hoch.

Charakterarten dieses Vereins sind:

Parmelia caperata
Parmelia flaventior
Parmelia subrudecta

Im oö. Zentralraum tritt Parmelia caperata gegenüber Parmelia flaventior gänzlich in den Hintergrund. In der Zone 1 (Normalzone) ist das Parmelietum caperatae der charakteristische Flechtenverein.

Für jeden ausgeschiedenen Flechtenverein, bzw. Variante sind einige Aufnahmen angegeben.
Die einzelnen Stufen der Skala bedeuten folgende Deckungsgrade (angegeben in Prozent der Gesamtdeckung).

5 : über 50 %
4 : 50 – 26 %
3 : 25 – 11 %
2 : 10 – 6 %
1 : 5 – 1 %
+ : unter 1 %

Station	**2/57**	**5/63**	**6/64**	**17/70**	**24/70**
Seehöhe	340	267	265	288	300
Gesamtdeckungsgrad %	30	45	20	75	5
Exposition max. Deckung	S	W	NW	W	W
Baumart	A	A	A	A	A
Parmelia flaventior	+				
Parmelia sulcata	1	1			
Parmelia exasperatula	1			1	1
Parmelia fuliginosa					+
Parmelia subargentifera		+			
Physcia orbicularis	1	1	1	2	2
Physcia ascendens	2	3	3	3	3
Physcia tenella			1	1	
Physcia stellaris				+	+
Physcia aipolia			+		
Physcia grisea					1
Physconia pulverulenta				1	
Physconia enteroxantha				1	+
Xanthoria parietina	+	1	1	1	+
Candelariella xanthostigma	1	2	2	1	
Pertusaria albescens var. corallina	2				1
Lecidea euphorea	1	+			+
Buellia punctata	+				1
Lepraria sp.		1			

A = Apfelbaum

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
PHYSCIETUM PHYSCIOSUM ASCENDENTIS

Station	4/56	4/58	4/65	5/64	20/64
Seehöhe	375	275	268	265	248
Gesamtdeckungsgrad %	5	55	80	55	40
Exposition max. Deckung	W	NW	SW	SW	W
Baumart	B	B	B	B	A
Parmelia sulcata		2			
Physcia orbicularis	1	4	4	3	3
Physcia ascendens					1
Physcia aipolia					1
Physconia enteroxantha			1		
Xanthoria parietina		1		1	1
Candelariella xanthostigma			2	1	1
Candelaria concolor			1		
Lecidea euphorea		+	1	1	
Buellia punctata		1	1	+	
Lepraria sp.		+			

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
PHYSCIETUM PHYSCIOSUM ORBICULARIS

A = Apfelbaum
B = Birnbaum

Station	1/68	16/65	18/66	22/63	24/68
Seehöhe	290	250	283	244	260
Gesamtdeckungsgrad %	90	40	55	20	60
Exposition max. Deckung	W	SW	SW	W	W
Baumart	A	B	B	A	B
Ramalina pollinaria			2		
Evernia prunastri			+		
Parmelia sulcata				1	
Physcia orbicularis	1	1	2	+	1
Physcia ascendens	3	2	1	1	1
Physcia tenella	2				1
Xanthoria parietina	4	3	3	3	5
Candelariella xanthostigma	1	1	1	+	1
Candelaria concolor					+
Pertusaria albescens var. corallina			1		
Lecidea euphorea			1		
Buellia punctata				1	
Lepraria sp.					+

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
PHYSCIETUM XANTHORIOSUM PARIETINAE

A = Apfelbaum
B = Birnbaum

Station	**4/70**	**9/61**	**9/64**	**14/67**	**18/68**
Seehöhe	340	260	330	280	278
Gesamtdeckungsgrad %	95	25	80	35	80
Exposition max. Deckung	SW	W	NW	SW	W
Baumart	B	B	B	B	B
Ramalina pollinaria	4	3	4	3	3
Evernia prunastri		+	1		1
Parmelia flaventior	1			+	1
Parmelia scortea	1			+	2
Parmelia sulcata	2	1		1	1
Parmelia subrudecta	1				1
Parmelia exasperatula	1				1
Parmelia subargentifera					1
Physcia orbicularis		1	1	1	
Physcia ascendens		1			
Physcia tenella				1	
Physconia pulverulenta	1				
Physconia enteroxantha	1				1
Xanthoria parietina	+		+		+
Candelariella xanthostigma	1	1	1	2	
Pertusaria albescens var. globulifera	1	+	2		1
Pertusaria albescens var. corallina	2				2
Lecanora subfuscata				1	+
Lecanora carpinea					+
Lecidea euphorea	2		1	+	1
Buellia punctata			1	1	1
Lepraria sp.		1			+

B = Birnbaum

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
RAMALINA POLLINARIA VARIANTE DES PHYSCIETUM ASCENDENTIS
(PHYSCIETUM RAMALINOSUM POLLINARIAE)

Station	4/68	5/69	8/68	9/67	15/56
Seehöhe	360	355	320	300	460
Gesamtdeckungsgrad %	95	60	80	100	85
Exposition max. Deckung	W	W	NW	SW	SW
Baumart	B	B	B	B	B
Cladonia fimbriata	1			1	
Ramalina pollinaria	2	1		+	
Pseudevernia furfuracea	+		+		
Evernia prunastri		1		1	1
Hypogymnia physodes	+	+	1	1	1
Parmelia caperata			+	+	
Parmelia flaventior	3	+		1	
Parmelia scortea	4	4	4	5	4
Parmelia sulcata	2	2	+		3
Parmelia subrudecta	1	1		1	1
Parmelia exasperatula	1	1	1		
Parmelia fuliginosa	1	1			
Parmelia subaurifera		1	+		
Physcia orbicularis	1	1		+	1
Physcia ascendens		2		1	+
Physcia tenella			1		+
Physcia aipolia		1			
Xanthoria parietina		+			
Candelariella xanthostigma	+			1	2
Candelaria concolor				+	1
Pertusaria albescens var. globulifera			1		
Pertusaria albescens var. corallina	1		+	1	1
Lecidea euphorea	1	1	+		
Lecidea scalaris					1
Buellia punctata	1				
Lepraria sp.			1		1

B = Birnbaum

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
PARMELIA SCORTEA VARIANTE DES PHYSCIETUM ASCENDENTIS
(PHYSCIETUM PARMELIETOSUM SCORTEAE)

Station	**2/59**	**9/70**	**19/69**	**24/70**	**25/69**
Seehöhe	275	330	285	310	320
Gesamtdeckungsgrad %	60	65	65	80	55
Exposition max. Deckung	W	W	W	NW	W
Baumart	B	A	A	B	B
Cladonia fimbriata		+			2
Ramalina pollinaria		1		1	
Evernia prunastri	+			+	
Parmelia flaventior	1		1		+
Parmelia scortea	2	2	1	1	1
Parmelia sulcata	1	+	2	1	1
Parmelia subrudecta		+	1		
Parmelia exasperatula			1		1
Parmelia fuliginosa	+			+	
Parmelia subargentifera	1				
Parmelia subaurifera			+		
Parmelia acetabulum		+	+		
Physcia orbicularis	2	1	+	+	1
Physcia ascendens	+		1	+	
Physcia tenella	1	+			+
Physcia grisea				1	+
Physconia enteroxantha				1	1
Xanthoria parietina			2	+	
Candelariella xanthostigma	1	2	1	1	
Candelaria concolor			2		1
Pertusaria albescens var. globulifera			1	+	
Pertusaria albescens var. corallina	1	1	1	2	
Lecidea euphorea		+		1	1
Lecidea elaeochroma				+	
Buellia punctata	1	1		2	1
Lepraria sp.		+		+	

A = Apfelbaum
B = Birnbaum

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
PARMELIETUM ACETABULI

Station	4/53	9/64	9/68	13/69	19/70
Seehöhe	370	355	300	310	270
Gesamtdeckungsgrad %	30	80	80	80	75
Exposition max. Deckung	W	SW	SW	SW	W
Baumart	B	B	B	B	B
Cladonia fimbriata				+	
Ramalina pollinaria	+			1	+
Pseudevernia furfuracea		+		+	
Evernia prunastri	+		1	+	1
Hypogymnia physodes	+	+		1	
Parmelia caperata	+	+		+	+
Parmelia flaventior	3	1	1	1	1
Parmelia scortea	1	3	2	3	1
Parmelia sulcata	1	2	2	2	2
Parmelia subrudecta	2	3	2	+	
Parmelia exasperatula			1	1	1
Parmelia fuligionosa			2	+	
Parmelia subargentifera					+
Physcia orbicularis	1		2	1	2
Physcia ascendens		2	1	1	
Physcia aipolia			+		
Physconia enteroxantha					1
Xanthoria parietina			1	1	2
Candelariella xanthostigma		2	2	2	2
Candelaria concolor					+
Pertusaria albescens var. albescens	1				
Pertusaria albescens var. globulifera		2			1
Lecanora subfuscata			+		
Lecidea euphorea			1	1	+
Lecidea elaeochroma			+		
Lepraria sp.	1	1		1	1

B = Birnbaum

DIE FLECHTENVEREINE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET:
PARMELIETUM CAPERATAE

6. GESAMTLISTE DER FLECHTENARTEN

(Nomenklatur nach POELT, 1969; Lecanora-Arten nach BERTSCH, 1955)

Cladonia pyxidata (L.) Fr.
Cladonia fimbriata (L.) Sandst.
Usnea hirta (L.) Web. em Mot.
Ramalina pollinaria (Ach.) Ach.
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Evernia prunastri (L.) Ach.
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
  syn. Parmelia physodes (L.) Ach.
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia flaventior Stirt.
  syn. Parmelia andreana Müll. Arg.
Parmelia scortea Ach.
Parmelia sulcata Th. Tayl.
Parmelia subrudecta Nyl.
  syn. Parmelia dubia (Wulf.) Schaer.
Parmelia exasperatula Nyl.
Parmelia fuliginosa (Fr.) Nyl.
  syn. Parmelia verruculifera Nyl.
Parmelia subaurifera Nyl.
Parmelia acetabulum (Neck.) Duby
Physcia orbicularis (Neck.) DR.
Physcia ascendens Bitt.
Physcia tenella DC. em. Bitt.
Physcia stellaris (L.) Nyl.
Physcia aipolia (Ehrh.) Hampe
Physconia grisea (Lam.) Poelt
  syn. Physcia grisea (Lam.) Zahlbr.
Physconia pulverulenta (Schreb.) Poelt
  syn. Physcia pulverulenta (Schreb.) Hampe
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt
Physconia farrea (Ach.) Poelt
  syn. Physcia farrea (Ach.) Vain
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.
Xanthoria fallax (Hepp) Arnold
Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.
Xanthoria polycarpa (Ehrh.) Rieber
Candelariella xanthostigma (Pers.) Lett.
Candelaria concolor (Dicks.) Stein
Pertusaria albescens var. albescens (Huds.) Choisy
Pertusaria albescens var. globulifera Turn.
  syn. Pertusaria globulifera (Turn.) Massal.
Pertusaria albescens (Huds.) Choisy var. corallina Zahlbr.
Lecidea euphorea (Flk.) Nyl.
Lecidea elaeochroma (Ach.) Ach.
Ledidea scalaris Ach.
  syn. Lecidea ostreata (Hoffm.) Schaer.
Buellia punctata (Hoffm.) Massal.
Buellia griseovirens (Turn. et Borr.) Almb.
Lepraria sp. Ach. nom. cons.
Normandina pulchella (Borr.) Nyl.
Arthonia radiata (Pers.) Ach.
Caloplaca cerina (Ehrh.) Th. Fr.
Phlyctis argena (Ach.) Flot.
Anaptychia ciliaris (L.) Koerb. s. str.
Acrocordia alba (Schrad.) B. de Lesd.
Lecanora subfuscata Magn.
Lecanora capinea (L.) Vain
Lecanora chlarotera Nyl.
Lecanora symmicta (Ach.) Nyl.
Lecanora hageni Ach.
Lecanora subrugosa Nyl.
Lecanora umbrina Massal.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Im oberösterreichischen Zentralraum wurde die Verbreitung und Zusammensetzung der Flechtenvegetation auf Birn- und Apfelbäumen untersucht.

Die kartographische Darstellung, entworfen auf Grund der qualitativen Auswertemehtode nach BESCHEL und nach der IAP-Methode von LeBLANC und DeSLOOVER zeigen eine deutliche Zonierung. In der Aussagekraft unterscheiden sich jedoch die beiden Methoden. Zur Abgenzung immissionsbelasteter Gebiete eignet sich die IAP-Methode besser, da alle vorkommenden Arten, ihr Deckungsgrad und ihre Vitalität berücksichtigt werden.

Die Flechten bevorzugen primär, wegen der günstigen Feuchtigkeitsverhältnisse, die West-, Südwest- u. Nordwestexposition.

Die positive Korrelation zwischen Artenzahl bzw. IAP-Werten und Seehöhe ist auf eine bessere Durchlüftung und eine niedrigere Inversionshäufigkeit mit zunehmender Höhenlage zurückzuführen.

Der Einfluß des Stadtklimas auf den Flechtenbewuchs ist unbedeutend im Vergleich zur Wirkung der Luftverunreinigungen. Wegen des neutral-, bis leicht basisch reagierenden geologischen Untergrundes reichen trotz Immissionsbelastung die neutrophilen Arten Physcia orbicularis und Parmelia sulcata ganz nahe an die Flechtenwüste heran.

Zwischen Artenanzahl und Siedlungsdichte besteht ein deutlicher Zusammenhang.

Das Areal der belasteten Zonen wird durch die vorherrschenden Windrichtungen beeinflußt.

Die Verwendung der Borken-pH-Werte zur Charakterisierung einer Immissionsbelastung ist nur in begrenzten Fällen möglich.

Seit 1963 (BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT) breiteten sich die flechtenarmen Zonen enorm aus. Die Zone 5 (Flechtenwüste) hat eine Ausdehnung von ca. 32 km^2, die innere Kampfzone ungefähr 63 km^2, also insgesamt beinahe 100 km^2.

Verbreitungskarten verdeutlichen die unterschiedliche Empfindlichkeit der einzelnen Flechtenarten gegenüber Luftverunreinigungen.

Der Flechtenbewuchs ist pflanzensoziologisch dem Verband Xanthorion parietinae zuzuordnen. Das Physcietum ascendentis reicht mit seinen Varianten am weitesten in die Belastungsgebiete hinein. Das Parmelietum acetabuli wächst in schwach beeinflußten Bereichen oder in der Normalzone. Typisch für die Normalzone ist das artenreiche Parmelietum caperatae.

8. LITERATUR

BARKMAN, J.J. (1969): Phytosociology and ecology of crytogamic ephiphytes. Van Gorcum, Assen, NL, 628 S.

BAUER, E. (1973): Zur ökologisch-physiologischen Indikation von Emissionsschäden in Esslingen. Dissertation, Hohenheim – Stuttgart.

BAUER, E., KREEB, K. (1973): Flechtenkartierung und Enzymaktivität als Indikatoren der Luftverunreinigung in Esslingen. Sonderdr. Verh. d. Ges. f. Ökologie, Saarbrücken.

BERTSCH, K (1955): Flechtenflora von Südwestdeutschland. Eugen Ulmer, Stuttgart.

BESCHEL, R. (1958): Flechtenvereine der Städte; Stadtflechten und ihr Wachstum. Ber. nat. med. Ver. Innsbruck, 52, S. 1 – 158.

BORTENSCHLAGER, S., SCHMIDT, H. (1963): Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. Naturkundl. Jb. der Stadt Linz 1963, S 19 – 35.

BORTENSCHLAGER, S., (1969): Flechtenverbreitung und Luftverunreinigung in Wels. Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz 1969, S. 207 – 212.

BRODO, J. M. (1972): Lichens and cities. International symposium on identification and measurement of environmental pollutants, B. Westley (Fd.), National Research Counsil, Ottawa, pp. 325 – 328.

COKER, P. D. (1967): The effects of sulphur dioxide pollution on bark epiphytes. Department of Geography, Kings College, University of London, pp. 341 – 347.

DeSLOOVER, J., LeBLANC, F. (1968): Mapping of atomspheric pollution on the basis of lichen sensitivity. Proc. Symp. recent adv. Trop. Ecol. pp. 41 – 56.

DJALALI, B. (1974): Flechtenkartierung und Transplantate als Indikation der Luftverunreinigung im Ballungsraum Stuttgart. Dissertation, Hohenheim – Stuttgart.

DJALALI, B. KREEB, K. (1973): Flechtenkartierung und Transplantatuntersuchungen im Stadtgebiet von Stuttgart. Verh. Ges. f. Ökologie, Saarbrücken.

DOMRÖS, M. (1966): Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume. Arb. z. Rhein. Landeskunde, 23, Bonn.

EHMKE, W., HAMMEL, E., KREEB, K. (1973): Ökologische Analyse des Flechtenbewuchses an Obstbäumen als Grundlage für die Stadtplanung in Waiblingen. Sonderdr. Verh. d. Ges. f. Ökologie, Saarbrücken, S. 405 – 411.

EHRENDORFER, F., MAURER, W., KARL, E. (1971): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. Mitt. naturwiss. Verh. Steiermark, Bd. 100, S 151 – 189.

EMONDS, H. (1954): Das Bonner Stadtklima. Arb. z. Rhein. Landeskunde, Bonn, H. 7.

FELFÖLDY, L. (1942): A varosi levegö hatása az epiphytonzuzumóvegetatióra Debrecenben (über den Einfluß der Stadtluft auf die Flechtenvegetation der Bäume in Debrecen). Acta Geobot. Hung. 4, S. 332 – 349.

GÄRTNER, G. (1974): Beitrag zur Ökologie und Systematik von Rindenalgen. Dissertation, Innsbruck.

GEIGER; R. (1942): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft, Bd. 78, Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig.

GILBERT, O.L. (1965): Lichens as indicators of air pollution in Tyne-valley. University Newcastle.

GILBERT, O.L. (1969): The effect of SO_2 on lichens and bryophytes around Newcastle upon Tyne. Air pollution, Wageningen, pp. 223 – 235.

GILBERT O.L. (1969): Biological scale for the estimation for SO_2-pollution. University Newcastle.

GILBERT, O.L. (1970): *Further studies on the effect of sulphur-dioxide on lichens and bryophytes.* New. Phytol. 69, pp. 605 – 627.

HAUGSJA, P. K. (1930): Über den Einfluß der Stadt Oslo auf den Flechtenbewuchs der Bäume. Nyt. Mag. Naturvidensk 68, pp. 1 – 116.

HAWKSWORTH, D.L., ROSE, F. (1970): Qualitative scale for estimating sulphur-dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature Vol. 227, Juli 11, pp. 145 – 148.

HOLLEMANN, A., WIBERG, E. (1971): Lehrbuch der anorganischen Chemie. Walter de Gryter & Co., Berlin.

HOPP, U. (1973): Die epilithische und epipetrische Flechtenvegetation von Würzburg und ihre Abhängigkeit vom Stadteinfluß. Staatsexamenarbeit, Würzburg.

HUFNAGL, H. (1957): Die Rauchschäden im Walde im Raume von Linz. Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz, 1957.

HUTTER, M (1973): Die Pflanze als Indikator für Luftverunreinigungen. Hausarbeit, Innsbruck.

JANIK, V. (1961): Die Böden des Linzer Raumes. Linzer Atlas, herausgeg. v. d. Kulturverwaltung d. Stadt Linz.

JOHNSEN, J. B., SOCHTING, U. (1973): Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of decidous trees in the Copenhagen area. Oikos, 24, pp. 344 – 351, Copenhagen.

JÜRGING, P. (1975): Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung, Bibl. Lichenologica, Bd. 4., J. Cramer, Vaduz.

KIESLINGER, A (1969): Die nutzbaren Gesteine Oberösterreichs. Geologie und Paläontologie des Linzer Raumes, Katalog des OÖ. Landesmuseums.

KIRSCHBAUM, U., KLEE, R., STREUBING, L. (1974): Luftqualitätsmessungen infolge von Immissionswirkungen auf Flechten – Flechten als Bioindikatoren. Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain u. Arbeitsbericht, S. 116 – 127.

KLEMENT, O. (1955): Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. Feddes Rep. Beih. 135, S. 5 – 194.

KRATZER, A. (1956): Das Stadtklima. Die Wissenschaft, Bd. 90, Braunschweig.

KOHL, H. (1969): Quartär und Hydrogeologie des Linzer Raumes. Geologie und Paläontologie des Linzer Raumes, Katalog des OÖ. Landesmuseums.

KUNZE, M. (1973): Die Beeinflussung epiphytischer Flechten durch Luftverunreinigungen. Staatsexamenarbeit, Universität Freiburg im Breisgau.

LAUNDON, J. R. (1967): A study of the lichen flora of London. The Lichenologist, 3. pp. 277 – 327.

LeBLANC, F., DeSLOOVER, J. (1970): Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Canadian Journal of Botany, Vol. 48, pp. 1485 – 1496.

LeBLANC, F., RAO, D.N. (1973): Evaluation of the pollution and drought hypotheses in relation to lichens and bryophytes in urban environments. Reprinted from The Bryologist Vol 76., Nr. 1, pp. 1 – 19.

LeBLANC, F., RAO, D.N. (1973): Effects of sulphur-dioxide on lichen and moos transplantat. Reprinted from Ecology, Vol 54, Nr. 3, pp. 612 – 617.

LÖTSCHERT, W., KÖHM, H.J. (1973): pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke in Immissionsgebieten. Oecol. Plant. 8, S 199 – 209.

NASH, T.H. (1976): Lichens as indicators of air pollution. Naturwissenschaften 63, pp. 364 – 367, Springer-Verlag.

NOWAK, R. (1973): Vegetationsanalytische und experimentell-ökologische Untersuchungen über den Einfluß der Luftverunreinigung auf rindenbewohnende Flechten. Dissertation, Tübingen.

OCHSNER, F. (1928): Studien über die Epiphytenvegetation der Schweiz. Jahrb. St. Gall. Naturwiss. Ges. Bd. 63, S 1 – 108.

PISUT, I., LISICKA-JELINKOVA, E. (1974): Epiphytische Flechten in der Umgebung einer Aluminiumhütte in der Mittelslowakei. Biologia (Bratislava), 29, 1, S. 29 – 38.

POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Verlag J. Cramer, Vaduz.

PÖLL, K. (1976): Flechtenkartierung im Raum Landeck – Imst. Hausarbeit, Innsbruck.

RAO, D.N., LeBLANC, F. (1966): Effects of sulphur-dioxide on the lichen algae with special reference to chlorophyll. The Bryologist, Vol. 69, pp. 69 – 75.

RAO, D.N., LeBLANC, F. (1967): Influence of an iron-sintering plant on corticolous epiphytes in Wawa, Ontario. The Bryologist, Vol. 70, Nr. 2, pp. 141 – 157.

RYDZAK, J. (1953): Rozmieszczenie i ekologia porostow miasta Lublina. Anm. Univ. Mariae Curie – Sklodowska C, 8, S. 233 – 356.

SAUBERER, A. (1951): Die Verteilung rindenbewohnender Flechten in Wien, ein bioklimatisches Großstadtproblem. Wetter u. Leben 3, S. 116 – 121.

SCHADLER, J. (1964): Geologische Karte von Linz und Umgebung. Linzer Atlas, herausgeg. von der Kulturverwaltung der Stadt Linz.

SCHMEISS, L. R. (1974): Wind, Nebel und Niederschlag im oö. Zentralraum. Schriftenreihe des Amtes der OÖ. Landesregierung, Landesbaudirektion.

SCHMIDT, R., KREEB, K. (1973): Flechten als Umweltzeiger. Verhandl. d. Ges. f. Ökologie, Saarbrücken.

SCHMIDT, R. (1973) Ökologische und soziologische Gliederung der Flechtenvegetation in Obstbaumbeständen des mittleren Neckarraumes unter besonderer Berücksichtigung von Immissionsschäden. Dissertation, Hohenheim – Stuttgart.

SEAWARD, M.R.D. (1976): Lichens in air polluted environments: Multivariate analysis of the factors involved. In Lauri Kärenlampi (ed.): Proceedings of the Kuopio meeting on plant damages caused by air pollution, Kuopio, pp. 57 – 63.

SIGL, P. K. (1976): Kartierung epixyler Flechtenarten im Raum Wörgl-Kufstein. Hausarbeit, Innsbruck.

SCHÖBECK, H. (1969): Eine Methode zur Erfassung der biologischen Wirkung von Luftverunreinigungen durch transplantierte Flechten. Staub-Reinhalt. d. Luft 29, S 14 – 18.

SKYE, E. (1958): Luftföroreningars in verkan pa busk- och bladlavfloran kring skifferolgeverket in Närkes Kvarntorp (The influence of air pollution the fructiculous and foliose lichen flora around the skale oil works at Kvarntorp in the province Närke). Svensk Botanisk Tidskrift 52(1), pp. 133 – 190.

SKYE, E. (1968): Lichens and air pollution. Acta Phytogeogr. Suec. 52, 123 S.

SKYE, E. (1965): Botanical indicators of air pollution. Acta Phytogeogr. Suec. 50, pp. 285 – 287.

SKYE, E., HALLBERG, J. (1969): Changes in the lichen flora following air pollution. Oikos 20, pp. 547 – 552, Copenhagen.

STEINER, M., SCHULZE-HORN, D. (1955): Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn. Decheniana, Bd. 108, Heft 1, S. 1 – 16.

STOCKHAMMER, G. (1964): Die pflanzensoziologische Kartierung des Gemeindegebietes Linz/Donau. Linzer Atlas, herausgeg. von der Kulturverwaltung der Stadt Linz.

STÖCKHARDT, A. (1853): Untersuchungen über die schädliche Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf das Wachstum der Pflanzen, insbesondere der Fichte und der Tanne. Tharandter forstl. Jahrbuch 9, 1969, aus HUTTER (1973):

STUBENRAUCH, J. (1976): Umweltschutz in Oberösterreich, Luftgütemessung. Schriftenreihe des Amtes der oö. Landesregierung, Landesbaudirektion.

TRÜMPENER, E. (1926): Über die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Verbreitung von Flechten. Beih. Bot. Centralbl. 42 (3), S 321 – 354.

TÜRK, R., WIRTH, V. (1974): Der Einfluß des Wasserzustandes und des pH-Wertes auf die SO_2-Schädigung von Flechten. Sonderdr. Verhandl. d. Ges. f. Ökologie, Erlangen.

TÜRK, R., WIRTH, V. (1975): The pH-dependence of SO_2-damage to lichens. Oecologia (Berlin) 19, pp. 285 – 291.

VARESCHI, V. (1936): Die Epiphytenvegetation von Zürich (Epixylenstudien II). Ber. Schweiz. Bot. Ges. 46, S. 445 – 488.

VARESCHI, V (1953): La Influencia de los Bosques y Parques sobre el Aire de la Ciudad de Caracas. Acta Cient. Venezol., 4 S. 89 – 95.

VDI -Richtlinie 2108: Maximale Immissionskonzentration Schwefeldioxid

VILLWOCK, I. (1962): Der Stadteinfluß Hamburgs auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. Abh. u. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, NF Bd. 6.

WEISZ, E., FRENZEL, J.W. (1956): Untersuchungen von Luftverunreinigungen durch Rauch- und Industriegase im Raum Linz. Wetter u. Leben 8, S 131 – 147.

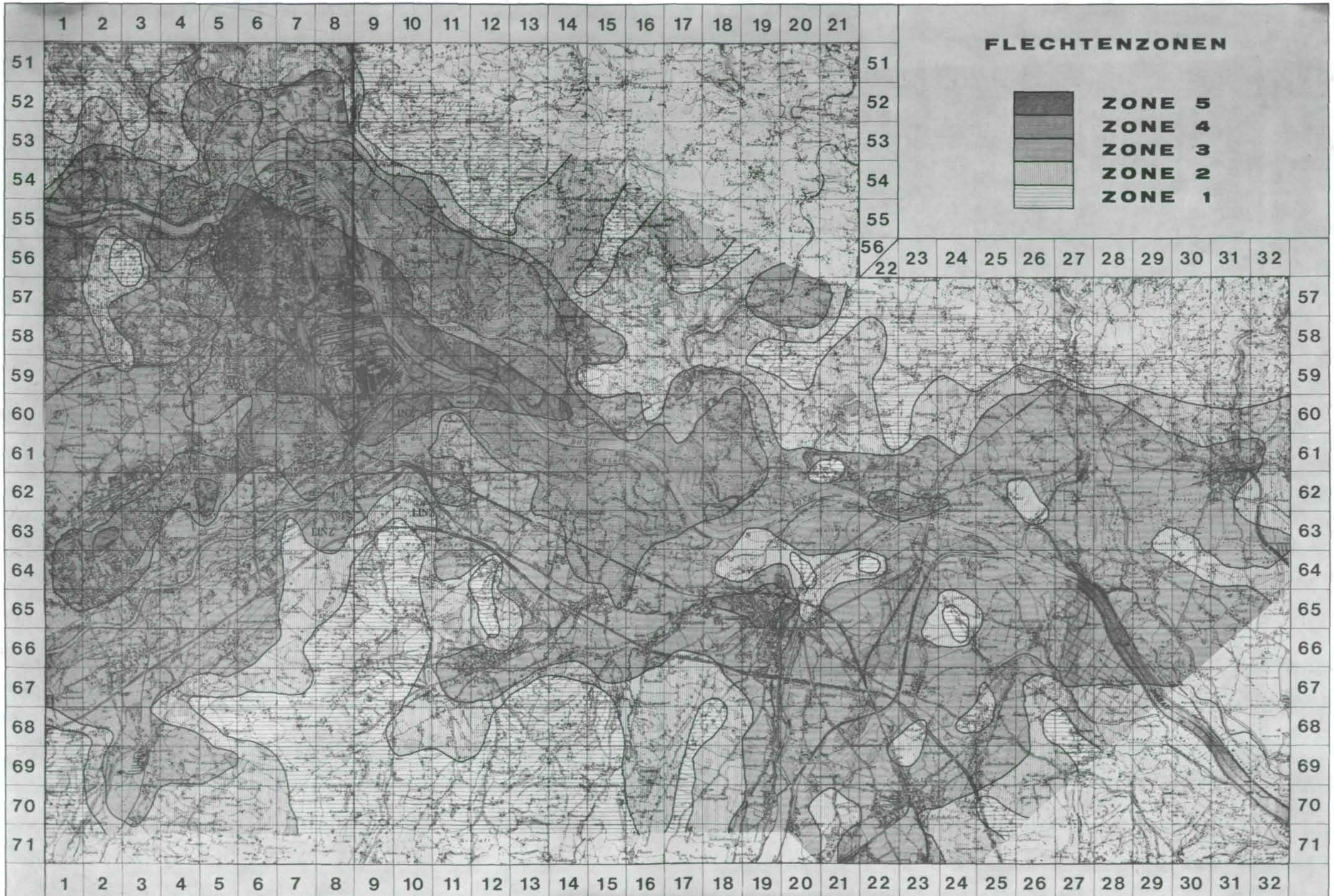
WEISZ, E., FRENZEL, J.W. (1961); Windströmungen im Linzer Becken und ihre Bedeutung für luftchemische Probleme des Stadtklimas. Wetter u. Leben 13, Heft 9–10, S. 215–220.

WILMANS, O. (1962): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschland, Bd. 21, Heft 2, S. 87 – 164.

WIRTH, V. (1976): Über den Einfluß des SO_2 auf die Flechtenvegetation in urbanen Räumen und die Indikation der SO_2-Belastung durch Flechten. Schriftenreihe f. Vegetationskunde 10, Bonn, Bad Godesberg.

WIRTH, V., TÜRK, R. (1974): Über die SO_2-Resistenz von Flechten und die mit ihr interferierenden Faktoren. Sonderdr. Verhandl. d. Ges. f. Ökologie, Erlangen.

WIRTH, V., TÜRK, R. (1975): Zur SO_2-Resistenz von Flechten verschiedener Wuchsform. Flora, Bd. 164, S. 133 – 143.


FLECHTENZONEN
ZONE 5
ZONE 4
ZONE 3
ZONE 2
ZONE 1
LINZ